



**Fábio Daniel Borges da Silva Pinto**

Licenciado em Engenharia Civil

## **Contributos para Manual de Boas Práticas na Reabilitação Energética de Edifícios de Habitação**

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau Mestre em Engenharia Civil – Perfil de Construção

**Presidente:** Prof. Doutor Daniel Aelenei, Professor Auxiliar da FCT da Universidade Nova de Lisboa

**Arguente:** Prof. Doutora Patrícia Mendes Lourenço, Professora Auxiliar Convidada do IST da Universidade de Lisboa

**Orientador:** Prof. Doutor Miguel Pires Amado, Professor Associado com Agregação do IST da Universidade de Lisboa



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Junho de 2016**

“Copyright” Fábio Daniel Borges da Silva Pinto, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **Agradecimentos**

O desenvolvimento desta tese só foi possível com o conhecimento científico, a ajuda e a disponibilidade do Prof. Doutor Miguel Pires Amado. Por estas razões, e pela confiança que sempre demonstrou nas minhas capacidades, fica aqui expresso o meu agradecimento.

Gostaria ainda de agradecer ao meu amigo Francisco Couto, pela paciência e empenho na leitura da tese, assim como as sugestões pertinentes que fez.

Finalmente, no culminar deste ciclo de estudos representado pela realização desta tese, gostaria ainda de agradecer à minha família pelo apoio e incentivo que sempre me deram.



## Resumo

A reabilitação urbana, ignorada durante tantos anos, é atualmente uma prioridade nacional. O objetivo dessa reabilitação não é unicamente melhorar o aspeto exterior, envelhecido e degradado de muitos edifícios em Portugal, mas também, e principalmente, melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes. O avanço civilizacional tem conduzido a novas necessidades de conforto e, simultaneamente, a uma maior consciência ambiental. A fraca eficiência energética dos edifícios representa uma parcela importante no consumo de energia. Neste sentido considerou-se oportuno, nesta dissertação, identificar as principais anomalias que contribuem para a ineficiência energética nos edifícios habitacionais existentes.

Ao procurar dar resposta aos novos padrões de habitabilidade que se traduzam numa melhoria da qualidade térmica e energética dos edifícios é importante ter bases sólidas e sustentáveis, nas quais basear todas as intervenções de reabilitação energética a ser desenvolvidas. Nesta dissertação é focado o papel e a importância na criação de um manual de boas práticas de reabilitação energética destinado a melhorar o nível de eficiência energética nos edifícios existentes. Este manual pretende reunir contributos com implicações imediatas na melhoria do desempenho energético dos edifícios e orientá-los de modo a apoiar e a tornar o processo de reabilitação energética mais simples e eficaz.

O estudo e desenvolvimento da estrutura mais eficiente na qual o manual de boas práticas deverá respeitar é o tema fulcral desta dissertação. Para tal, recorreu-se ao estudo de diversos manuais de reabilitação energética, nacionais e internacionais e uma extensa investigação bibliográfica, com o objetivo de desenvolver e propor uma estrutura (acompanhada por uma *checklist*), que engloba um conjunto de medidas de melhoria energeticamente mais eficientes com impacto significativo na classe energética do edifício a reabilitar. Esta estrutura constituirá o ponto de alavancagem para um manual de boas práticas na reabilitação energética, destinado a auxiliar os profissionais de projeto, de modo a aumentar a eficiência energética dos edifícios existentes e consequentemente, numa visão mais a jusante, permitir uma harmonia “perfeita” entre o binómio conforto térmico-custo de energia para o ocupante da habitação.

**Termos chave:** Eficiência energética; Reabilitação Energética; Manual de boas práticas; Medidas de melhoria energética; *Checklist*.



## Abstract

Urban renewal, ignored for so many years, is now a national priority. The purpose of rehabilitation is not only to improve the exterior appearance, of so many old and degraded buildings in Portugal, but also, and mainly, to improve the quality of life of its inhabitants. Civilizational advancement has led to new and higher confort demands, but it led simultaneously to greater environmental awareness. The poor energy efficiency of buildings is an important factor in energy consumption. In this sense, it was considered appropriate, in this work, to identify the main anomalies that contribute to energy inefficiency in existing residential buildings.

When trying to meet the new habitability standards that result in improved thermal and energy quality of buildings it is important to have solid and sustainable foundations on which to base all future energy rehabilitation interventions. This dissertation focused on the role and importance of creating a manual of good energy rehabilitation practices designed to extend and enhance the level of energy efficiency in existing buildings. This manual will have as its main objective the gathering of data with implications in the energy performance of buildings, and to produce guidelines to support energy rehabilitations making them simpler and more effective.

The study and the development of an efficient structure in which the manual of good practices must be based is the key theme of this dissertation. To this end, we turned to the study of various energy rehabilitation manuals, national and international, and an extensive literature research, in order to develop and propose a structure (accompanied by a checklist), which includes a range of energy efficient improvement measures with significant impact on the energy class of the building to rehabilitate. This structure will be the used as the beginning point for the construction of a manual of good practices, intended to assist design professionals in order to increase the energy efficiency of existing buildings, and therefore allow for a "perfect" harmony between the binomial thermal comfort - energy cost of the users.

**Key terms:** Energy efficiency; Energy Rehabilitation; Best Practices Manual; Energy Improvement Measures; *Checklist*.





## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação e enquadramento ao tema .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Estrutura .....	3
<b>2. CARATERIZAÇÃO DO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS.....</b>	<b>5</b>
2.1 Evolução do parque habitacional – análise quantitativa .....	5
2.1.1 Dinâmica construtiva .....	5
2.1.2 Carências habitacionais .....	7
2.1.2.1 Carências habitacionais quantitativas .....	7
2.1.2.2 Carências habitacionais qualitativas .....	8
2.1.3 Idade e necessidades de reparação do parque habitacional.....	9
2.1.4 Épocas representativas do parque habitacional .....	12
2.1.4.1 Edifícios “Antigos” e “Mistos” .....	15
2.1.4.2 Edifícios “Décadas de 60, 70 e 80” .....	15
2.1.4.3 Edifícios “Recentes” .....	17
2.1.5 Soluções e materiais de construção mais utilizados .....	17
2.2 Reabilitação de Edifícios .....	18
2.2.1 Principais orientações e critérios técnicos da reabilitação de edifícios.....	19
2.2.2 Reabilitação nos Países do Euroconstruct e em Portugal. ....	20
2.2.3 Reabilitação energética de edifícios existentes de habitação.....	22
2.3 Dependência energética e consumo energético na União Europa e em Portugal .....	23
2.3.1 Desempenho energético dos edifícios de habitação.....	26
2.3.2 Principais anomalias que contribuem para a ineficiência energética nos edifícios existentes.....	29
2.3.2.1 Fatores associados aos edifícios .....	30
2.3.2.2 Fatores associados à qualidade térmica da envolvente dos edifícios .....	33
2.3.2.3 Fatores associados aos sistemas e instalações .....	38
<b>3. ENQUADRAMENTO LEGAL: CONTEXTO NA UE E EM PORTUGAL FACE AO PROTOCOLO DE QUIOTO, AO PACOTE ENERGIA-CLIMA 20.20.20 E À DIRETIVA EPBD.....</b>	<b>42</b>
3.1 Protocolo de Quioto .....	42
3.2 Pacote Energia Clima 20.20.20 .....	43
3.3 Diretivas EPBD e o Sistema de Certificação Energética em Portugal .....	45
3.4 Regime Excecional de Reabilitação Urbana (RERU).....	48
3.5 Contexto nacional e programas existentes para o reforço da eficiência energética .....	49
3.5.1 Plano nacional de ação para a eficiência energética (PNAEE) .....	50
3.5.1.1 Programa Renova Casa & Escritório.....	52
3.5.1.2 Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios .....	52

3.5.1.3	Renováveis na Hora – Solar Térmico .....	53
3.5.1.4	Fundo Eficiência Energética .....	54
3.5.1.5	Portugal 2020 - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (POSEUR) – Eficiência energética habitação particular .....	54
3.5.2	Plano de ação para as energias renováveis (PNAER) .....	55
<b>4.</b>	<b>COMO SE PODE AUMENTAR O DESEMPENHO ENERGÉTICO NOS EDIFÍCIOS EXISTENTES? .....</b>	<b>56</b>
<b>5.</b>	<b>IMPORTÂNCIA DA EXISTÊNCIA DO MANUAL DE APOIO À REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS.....</b>	<b>62</b>
<b>6.</b>	<b>PROPOSTA DA ESTRUTURA DO MANUAL DE BOAS PRÁTICAS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS.....</b>	<b>70</b>
6.1	Objetivo da existência do manual.....	70
6.2	Vantagens da existência de um manual.....	70
6.3	Estrutura do manual .....	71
6.4	Conteúdos da estrutura do manual .....	73
6.4.1	Primeira parte do manual .....	73
6.4.2	Segunda parte do manual .....	73
6.4.3	Terceira parte do manual .....	74
6.4.4	Quarta parte do manual.....	74
6.5	Aplicação a um caso prático.....	80
6.6	Síntese.....	84
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....</b>	<b>85</b>
7.1	Principais conclusões .....	85
7.2	Desenvolvimentos futuros .....	87
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>95</b>

## Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Síntese aproximada da evolução das paredes exteriores em Portugal, modificado de (SOUSA, 1996).....	16
Quadro 2.2 - Conceitos de conservação e reabilitação. (AGUIAR, CABRITA, & APPLETON, 2014) .	19
Quadro 2.3 - Valores de coeficiente de transmissão térmico médio da envolvente de Portugal e Finlândia. (IEE, 2014) .....	28
Quadro 2.4 - Tipos de envolvente e os seus requisitos térmicos. (DECRETO-LEI N.º 118/2013, 2013) .....	33
Quadro 3.1 - Definição de Edifício “Existente” ou “Novo”, para efeitos do SCE. (PASSOS, 2012) .....	53
Quadro 5.1 – Principais anomalias que contribuem para a ineficiência energética nos edifícios existentes, em função de cada manual. ....	65
Quadro 5.2 - Análise comparativa de conteúdos dos manuais.....	67
Quadro 6.1 - <i>Checklist</i> de apoio à estrutura do Manual de Boas Práticas na Reabilitação Energética de Edifícios de Habitação. ....	75
Quadro 6.2- Valores do Coeficiente de Transmissão Térmica (U), em W/m <sup>2</sup> C .....	83
Quadro A.1 - Medidas de eficiência energética segundo a orientação dos vãos envidraçados, adaptado (ITECONS, 2014). ....	97
Quadro A.2 - Tipos de pontes térmicas, adaptado (ITECONS, 2014). ....	98
Quadro A.3 - Soluções de sombreamento recomendadas, em função da orientação do vão envidraçado, adaptado (ITECONS, 2014). ....	100
Quadro B.1 - Principais debilidades encontradas nos edifícios existentes.....	106
Quadro B.2 - Valores das espessuras e de U das soluções construtivas típicas em edifícios existentes, em Portugal. (ITECONS, 2014, p. 24).....	106
Quadro B.3 - Soluções construtivas de reforço térmico em paredes exteriores, adaptado (ITECONS, 2014, pp. 26-28). ....	107
Quadro B.4 - Soluções construtivas de reforço térmico em coberturas inclinadas e planas, adaptado (ITECONS, 2014, pp. 29-34). ....	109
Quadro B.5 - Soluções construtivas de reforço térmico de pavimentos, adaptado (ITECONS, 2014, pp. 35-37). ....	111

Quadro B.6 - Medidas de melhoria de eficiência energética para vãos envidraçados referentes à estação de aquecimento, adaptado (ITECONS, 2014).....	111
Quadro B.7 - Medidas de melhoria de eficiência energética para vãos envidraçados referentes à estação de arrefecimento, adaptado (ITECONS, 2014) .....	112
Quadro B.8 - Medidas de melhoria de eficiência energética no processo de controlo de infiltrações de ar, adaptado (ITECONS, 2014) .....	112
Quadro B.9 - Medidas de melhoria de eficiência energética no processo de ventilação, adaptado (ITECONS, 2014). .....	112
Quadro B.10 - Medidas de melhoria de eficiência energética relativamente à iluminação natural e artificial, adaptado (ITECONS, 2014) .....	113
Quadro C.1 - Soluções construtivas de reforço térmico em coberturas inclinadas, adaptado (Silva V., 2013).....	120
Quadro C.2 - Soluções construtivas de reforço térmico em coberturas planas não acessíveis, adaptado (Silva V., 2013). .....	122
Quadro C.3 - Soluções construtivas de reforço térmico em coberturas planas acessíveis, adaptado (Silva V., 2013). .....	124
Quadro C.4 - Soluções construtivas de reforço térmico em paredes exteriores, adaptado (Silva V., 2013).....	127
Quadro C.5 - Soluções construtivas de reforço térmico em pavimentos, adaptado (Silva V., 2013). .....	129
Quadro D.1 - Razões e benefícios associados à reabilitação energética, em Espanha. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014). .....	133
Quadro D.2 - As três principais razões do consumo de energia nos edifícios existentes, em Espanha, adaptado (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014). .....	134
Quadro D.3 - Medidas de melhoria de reabilitação energética recomendadas de edifícios existentes, adaptado (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014). .....	135
Quadro D.4 - Solução de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema ETICS, adaptado por (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014). .....	136
Quadro D.5 - Solução de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema fachada ventilada. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014). .....	136
Quadro D.6 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema isolamento projetado. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014) .....	137

Quadro D.7 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema revestimento direto sobre isolamento. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	137
Quadro D.8 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo interior, sistema isolamento de EPS com gesso cartonado. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	138
Quadro D.9 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo interior, sistemas de placas isolantes com acabamento em reboco. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	138
Quadro D.10 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo interior, sistema de espuma de poliuretano projetado. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	138
Quadro D.11 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT na caixa-de-ar, sistema de injeção de isolamento. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	139
Quadro D.12 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT na vertente, sobre a estrutura resistente. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	139
Quadro D.13 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT na vertente, sob a telha. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	140
Quadro D.14 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT na vertente, sobre a telha, sistema de isolamento projetado. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	140
Quadro D.15 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema de cobertura "invertida". (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	140
Quadro D.16 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema de projeção de poliuretano. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	141
Quadro D.17 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema de isolamento de solo em contato com o terreno. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	141
Quadro D.18 - Medidas de melhoria de eficiência energética para os vãos envidraçados. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	142
Quadro D.19 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de ventilação. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	143
Quadro D.20 - Medidas de melhoria de eficiência energética dos sistemas de climatização e AQS. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).	144
Quadro E.1 - Razões e benefícios para efetuar uma obra de reabilitação energética num edifício de habitação. (Asociación Nacional de Industriales (ANDIMA); Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2008)	147

Quadro G.1 - Soluções construtivas propostas para intervenção na envolvente opaca. (Energy Auditor Network (ENFORCE), 2011) .....	157
Quadro G.2 - Sistemas de aquecimento recomendados. (Energy Auditor Network (ENFORCE), 2011) .....	158

## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Metodologia e estrutura do trabalho. ....	3
Figura 2.1 - Evolução do número de alojamentos e de famílias clássicas em Portugal, 1970-2011, extraído de INE: Censos 1970,1981, 1991, 2001 e 2011, citado por (INE, I.P, 2012, p. 1). ....	5
Figura 2.2 – Evolução do número de alojamentos familiares clássicos segundo a forma de ocupação. (Valores em milhares de alojamentos). (PORDATA, INE, I.P, 2014) .....	6
Figura 2.3 - Excedente de alojamentos por municípios, extraído de INE, I.P., Recenseamento da População e Habitação, 2001 e 2011, citado por (INE, I.P, 2013b). ....	7
Figura 2.4 - Idade do parque habitacional, segundo a época de construção. (Pordata, INE, I.P, 2015b) .....	9
Figura 2.5 – Idade mínima dos edifícios clássicos por municípios, extraído de INE, IP recenseamento da População e Habitação 2011, citado por (INE, I.P, 2013b, p. 150). ....	10
Figura 2.6 - Distribuição dos edifícios clássicos segundo o estado de conservação, por época de construção do edifício. (INE, I.P, 2014).....	11
Figura 2.7 - Distribuição dos edifícios clássicos segundo a necessidade de reparação, por época de construção do edifício. (INE, I.P, 2014).....	11
Figura 2.8 - Caracterização das necessidades de reparação: pequenas, médias, grandes e muito degradado, extraído de (INE, I.P, 2013a, p. 170) .....	12
Figura 2.9 - Distribuição de edifícios clássicos segundo o tipo de estrutura de construção, por época de construção dos edifícios, extraído de INE: Censos 2011, citado por (INE, I.P, 2013a, p. 63). ....	13
Figura 2.10 – Distribuição percentual do tipo de estrutura dos edifícios existentes em Portugal. (INE, I.P, 2014) .....	14
Figura 2.11 - Nova classificação dos edifícios existentes em Portugal. ....	14
Figura 2.12 - Previsões do crescimento do PIB face ao crescimento do mercado da construção nos países do EC. (EUROCONSTRUCT, 2014) .....	20
Figura 2.13 - Crescimento percentual dos diversos segmentos do setor da construção entre 2013 e 2017, nos países do Euroconstruct, extraído de (EUROCONSTRUCT, 2014) .....	21
Figura 2.14 – Importância dos diversos segmentos do setor da construção em Portugal, e previsão dos mesmos nos próximos anos. (EUROCONSTRUCT, 2014) .....	22



Figura 2.15 - Dependência Energética na UE (e países vizinhos) entre 2009 até 2013. (EUROSTAT, 2014).....	25
Figura 2.16 - Dependência energética de Portugal. (DGEG, 2016) .....	26
Figura 2.17 – Unidade de consumo por habitação, extraído de Odyssee, citado por (IEE, 2015, p. 25). .....	27
Figura 2.18 - Tendências do consumo médio de eletricidade por habitação em 2012, em diferentes países, extraído de Odyssee, citado por (IEE, 2015, p. 29). .....	29
Figura 2.19 - Valores das perdas térmicas em função do coeficiente de forma. (MOITA, 1987, p. 40)31	
Figura 2.20 - Identificação da envolvente exterior: Zona corrente e pontes térmicas. (AELENEI, 2010) .....	34
Figura 3.1 - Metas para a UE e Metas Nacionais para 2020. (SILVÉRIO, 2011, p. 6).....	44
Figura 3.2 - Evolução da legislação em Portugal. (PASSOS, 2012) .....	45
Figura 3.3 - Economias de energia acumuladas no setor Residencial e Serviços. (DGEG, 2013, p. 13) .....	54
Figura 3.4 - Eixo Prioritário 1: Fundo Coesão. (AZEVEDO, 2015, p. 5) .....	55
Figura 4.1 - Distribuição da percentagem de CE em edifícios habitacionais existentes, em função da classe energética. (PASSOS, 2012) .....	56
Figura 4.2 - Distribuição das medidas de melhoria em edifícios de habitação existentes. (DL 118/2013) - dados até 31 de Dezembro de 2014. (CLÍMACO, 2015, p. 10).....	57
Figura 4.3 - Resultado da aplicação das medidas de melhoria. (PASSOS, 2012, p. 19).....	58
Figura 4.4 - Impacto da reabilitação energeticamente eficiente nas necessidades de energia, por década de construção (DL 118/2013) – dados até à data de 31 de Dezembro de 2014. (CLÍMACO, 2015, p. 10) .....	58
Figura 4.5 - Estimativa das percentagens de perdas e ganhos de calor pelos diferentes elementos construtivos da envolvente exterior. (SILVA V. , Isolamento térmico em PassivHaus - coberturas, 2013, p. 29).....	59
Figura 4.6 - Comparação do impacto das medidas de melhoria energética analisadas. (WWF Espanha, 2010).....	61
Figura 6.1 - Proposta de estrutura para Manual de Boas Práticas de Reabilitação Energética de Edifícios de Habitação. ....	72
Figura 6.2 - Etiqueta de desempenho energético, extraído de CE0000009238628.....	80

Figura 6.3 - Descrição das soluções existentes e respetivos valores do coeficiente transmissão térmica, extraído de CE0000009238628. ....	81
Figura 6.4 - Balanço Energético, extraído da Ferramenta de Cálculo da Aplicação do REH – Situação Existente. ....	81
Figura 6.5 - Balanço Energético, extraído da Ferramenta de Cálculo da Aplicação do REH – Situação Após Medidas de Melhoria EE. ....	83
Figura A.1 - Diagrama da estrutura do manual (A) adaptado (ITECONS, 2014). ....	96
Figura A.2 - Soluções construtivas distintas, em função da posição do isolamento térmico. (ITECONS, 2014).....	98
Figura A.3 - Coeficientes de transmissão térmica de vidros e caixilharias. Da esquerda para a direita, caixilho em madeira, PVC, alumínio e alumínio com corte térmico. (ITECONS, 2014) .....	99
Figura A.4 - Exemplos de espaçadores para vidros múltiplos. (ITECONS, 2014) .....	100
Figura B.1 - Diagrama da estrutura do manual (B) adaptado (ITECONS, 2014). ....	104
Figura B.2 - Túneis de luz, instalados em coberturas inclinadas e planas, adaptado (ITECONS, 2014) .....	113
Figura B.3 - Gama de iluminância recomendada consoante a tipologia de uso (ITECONS, 2014) ...	114
Figura C.1 - Diagrama da estrutura do manual (C), adaptado (SILVA V. , 2013) .....	118
Figura D.1 - Diagrama da estrutura do manual (D), adaptado de (ALBA INGENIEROS CONSULTORES SL, 2014). ....	132
Figura D.2 - Distribuição do consumo de energia, segundo os diferentes tipos de usos domésticos. (ALBA INGENIEROS CONSULTORES SL, 2014) .....	134
Figura D.3 - A chave para uma reabilitação energética eficaz. (ALBA INGENIEROS CONSULTORES SL, 2014) .....	135
Figura D.4 - Controlar as fugas de ar indesejadas. (ALBA INGENIEROS CONSULTORES SL, 2014) .....	143
Figura F.1 - Diagrama da estrutura do manual (F), adaptado (ENEA, 2003). ....	150
Figura F.2 - Posicionamento possível de sistemas de isolamento térmico em paredes exteriores. (ENEA, 2003) .....	151
Figura F.3 - Posicionamento possível de sistemas de isolamento térmico em coberturas. (ENEA, 2003) .....	151

Figura F.4 - Exemplo de intervenção, em função do elemento construtivo e do tipo de intervenção. (ENEA, 2003) .....	152
Figura F.5 - Tipos de materiais isolantes mais utilizados e comercializados em ações de reforço térmico. (ENEA, 2003) .....	152
Figura F.6 - Válvula termostáticas em radiadores. (ENEA, 2003) .....	153
Figura G. 1 - Diagrama da estrutura do manual (G), adaptado (Energy Auditor Network (ENFORCE), 2011).....	156

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A – Área

ADENE – Agência para a Energia

AQS – Aquecimento de Águas Sanitárias

CE – Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior

CELE – Comércio Europeu de Licenças de Emissão de Gases com Efeito de Estufa

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

COF – Coeficiente de forma

C<sub>t</sub> – Capacidade térmica

DGEG, IP – Direção Geral de Energia e Geologia

EEA – European Environment Agency

ENAAC – Estratégia Nacional de Adaptação as Alterações Climáticas

EPBD – Energy Performance of Buildings Directive

EPS – Poliestireno Expandido Moldado

FER – Fonte Energia Renovável

FPC – Fundo Português de Carbono

g – Fator Solar do Vidro

GEE – Gases com Efeitos de Estufa

IDAE – Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

IEE – Intelligent Energy Europe

INE, I.P – Instituto Nacional de Estatística, Instituto Público

IT – Isolamento Térmico

ITECONST – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção

ITIC – Instituto Técnico para a Indústria da Construção

L – Espessura

MW – Lã Mineral

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

OMS – Organização Mundial da Saúde

PORDATA – Base de Dados Portugal Contemporâneo

PNAC – Programa Nacional para as Alterações Climáticas

PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

PNAER – Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

PNALE – Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão

PTL – Ponte Térmica Linear

PTP – Ponte Térmica Plana

PUR – Espuma Rígida de Poliuretano

Q – Perdas e Ganhos térmicos/Quantidade de calor

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RERU – Regime Excecional de Reabilitação Urbana

RGEU – Regulamento Geral das Edificações Urbanas

RJRU – Regime Jurídico da Reabilitação Urbana

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética dos Edifícios e da Qualidade do Ar no Interior dos Edifícios (em 2006)

SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (em 2013)

U – Coeficiente de Transmissão Térmico

UE – União Europeia

UF – Espuma de Ureia-formaldeído

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change

$U_w$  – Coeficiente de Transmissão Térmico do Vão Envidraçado

$U_{\text{wdn}}$  – Coeficiente de Transmissão Térmico Médio Dia-Noite

V – Volume

VA – Vermiculite expandida

XPS – Espuma de Poliestireno Extrudido

ZNEB – Zero Net Energy Buildings

$\lambda$  – Condutibilidade térmica

$\Delta T$  – Variação de temperatura

$\tau$  – Transmitância luminosa

$\Psi$  – Coeficiente de Transmissão Linear

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Motivação e enquadramento ao tema**

A evolução da sociedade mundial tem conduzido, muito rapidamente, a um grande crescimento do consumo de energia. Desta forma, surgem graves preocupações sobre a progressiva escassez dos combustíveis fósseis e dos pesados impactos ambientais que advêm da sua exploração.(LOMBARD, ORTIZ, & POUT, 2008). “É pois neste contexto que desde há largos anos se tem assistido a um acréscimo da eficiência energética das construções como forma de aumentar a economia da sua utilização e contribuir para um uso mais racional da energia”, (HENRIQUES, 2011, p. 2). Desde essa altura, diversos países adotaram medidas legais e regulamentares, com o objetivo de estabelecer determinados níveis mínimos de desempenho térmico para os edifícios.

Na União Europeia (UE), os edifícios (habitação e comerciais) são responsáveis em cerca de 40% do consumo de energia final. Esta dependência energética tem um grande peso em qualquer economia e torna os países vulneráveis a fornecedores externos de energia (LOMBARD, ORTIZ, & POUT, 2008). Em Portugal, apesar da melhoria e do esforço dos últimos anos, verifica-se ainda uma dependência energética superior a 70%. O sector dos edifícios ocupa uma fração de cerca de 29% do consumo total em Portugal (Direção Geral Energia e Geologia (DGEG, 2016)). Este consumo, de forma geral, provém da procura e consolidação dos sistemas de climatização (aquecimento e arrefecimento) para colmatar o comportamento extremamente dissipativo dos edifícios, isto é, edifícios sem isolamento térmico e ou sem inércia térmica (LOMBARD, ORTIZ, & POUT, 2008). Como refere Henriques (2011), a fraca eficiência energética dos edifícios representa um fator importante no consumo de energia, tornando-se indispensável dotar os edifícios de soluções que proporcionem não só uma melhoria de conforto para os seus habitantes, mas também a nível da qualidade térmica e energética, permitindo reduzir o consumo de energia para aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação, possibilitando igualmente, em diversos casos, a correção de anomalias associadas à presença de humidade e à degradação do próprio edifício.

O parque habitacional português supera atualmente os 3,5 milhões de edifícios de habitação (Instituto Nacional de Estatística (INE, I.P, 2013a). A falta de valorização do comportamento térmico dos edifícios durante várias décadas teve como consequências, necessidades excessivas de energia e falta de conforto dos seus utilizadores. Só em 1991, é introduzido o primeiro Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE), com um objetivo principal de melhorar a qualidade das novas habitações limitando os potenciais consumos energéticos. Até aos anos 90, eram poucos os edifícios construídos em Portugal que dispunham de meios ativos e passivos no controlo das condições ambientais interiores.

O Protocolo de Quioto, ao qual se comprometeu a UE, sendo um tratado internacional com compromissos rígidos com vista à redução da emissão dos gases que agravam o efeito de estufa, e sendo os edifícios responsáveis por mais de 40% do consumo de energia na UE tem sido dado um grande foco a este setor. Em 2006, foram aumentadas as exigências do RCCTE. Foi novamente revisto

com entrada em vigor em Dezembro de 2013, entretanto renomeado para o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), que transpôs para a legislação nacional a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio. Atualiza os requisitos de qualidade térmica nos edifícios (novos e grandes reabilitações) e introduz requisitos de eficiência para os sistemas de climatização, de preparação de água quente sanitária, de iluminação e de aproveitamento de energias renováveis, passando estes a estar sujeitos a padrões mínimos de eficiência energética. É ainda incentivada a otimização do desempenho energético com menor recurso aos sistemas ativos de climatização, através da utilização de sistemas ou soluções passivas nos edifícios.

Numa época onde a reabilitação do edificado existente tem ganho protagonismo em detrimento da construção nova, é cada vez mais importante salientar o papel da reabilitação energética. Os benefícios, para além da redução de necessidades de aquecimento/arrefecimento, passam por melhorias ao nível das condições de conforto, eliminando, em muitas situações, anomalias pré-existentes. Sendo assim é necessário, dotar os profissionais de projeto de meios auxiliares, no qual identifique as soluções e processos de reabilitação mais comuns, através de uma ferramenta simples, objetiva e com aplicabilidade no parque habitacional existente.

À luz desta realidade, é conveniente levantar as seguintes questões de investigação:

- 1) *Quais são as principais anomalias que contribuem para a ineficiência energética nos edifícios existentes?*
- 2) *Qual a importância de um manual de boas práticas de reabilitação energética destinado a melhorar o desempenho energético nos edifícios existentes?*
- 3) *Qual será a estrutura mais eficiente para um manual de boas práticas na reabilitação energética de edifícios de habitação?*

A aplicação de documentos legais pelos profissionais de projeto em ações de reabilitação energética, nem sempre são de total conhecimento e domínio por parte dos profissionais, podendo constituir uma barreira de ordem técnica. De forma a contornar esta barreira e no sentido de responder a estas questões, considerou-se oportuno desenvolver uma ferramenta simples e clara (*checklist*), onde compila um conjunto de ações eficientemente energéticas que contribuam para um manual de boas práticas e consequente disseminação positiva do setor da reabilitação energética de edifícios habitacionais.

## **1.2 Objetivos**

Esta dissertação pretende contribuir para um manual de boas práticas na reabilitação energética de edifícios. Em concreto, este trabalho de investigação tem por objetivo identificar a estrutura mais eficiente para um manual de boas práticas, destinado a auxiliar os profissionais de projeto, em ações de reabilitação energética de edifícios. Esta investigação suporta-se na análise, avaliação e seleção das soluções mais e menos eficazes, entre diferentes casos de soluções e processos de construção correntes, usualmente aplicados na reabilitação energética dos edifícios. Para além da identificação da



estrutura mais eficiente para um manual de boas práticas pretende-se ainda desenvolver, tendo em conta essa mesma estrutura, uma *Checklist*, na qual reúna um conjunto de medidas eficientemente energéticas.

A metodologia do trabalho encontra-se esquematicamente representada na Figura 1.1.

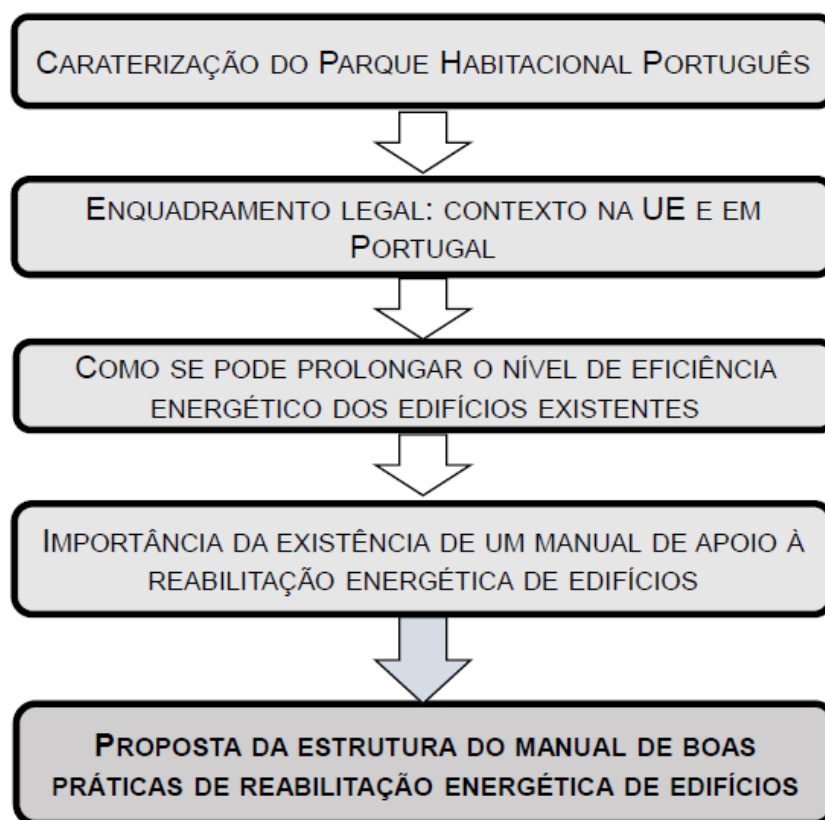


Figura 1.1 - Metodologia e estrutura do trabalho.

### 1.3 Estrutura

No primeiro capítulo, procede-se a um enquadramento geral do tema da tese, expondo a problemática em estudo, enquadrando-a depois nos objetivos específicos e na estrutura da dissertação.

No segundo capítulo, aborda-se a situação atual do parque habitacional português. Descreve-se o tipo de construção existente e procede-se à sua classificação. Contextualiza-se o setor da construção no espaço Europeu e Português, justificando, posteriormente, a importância da reabilitação de edifícios, tendo em conta as necessidades de reparação e o desempenho energético do parque habitacional existente.

No terceiro capítulo, descreve-se o enquadramento legal da reabilitação de edifícios de habitação, referindo quais as leis, regimes e sistemas em vigor e qual a sua importância, no contexto atual na reabilitação.

No quarto capítulo, pretende-se identificar as principais oportunidades de melhoria propostas pela Agência de Energia (ADENE), bem como outros paradigmas, designadamente habitações com elevado desempenho energético (a *Passive House*), de forma a ser possível adotar esses mesmos princípios fundamentais para melhorar o desempenho energético nos edifícios existentes.

No quinto capítulo são analisados diversos manuais e guias de reabilitação energética de edifícios habitacionais, quer em Portugal, quer em Espanha e Itália, com o objetivo de filtrar e esquematizar as principais ações de intervenção, designadamente soluções construtivas correntes ao nível da envolvente exterior e medidas de melhoria ao nível da eficiência energética dos sistemas de climatização e instalações entre outras ações.

No sexto capítulo, procede-se à elaboração de uma proposta de estrutura e ao desenvolvimento de uma *checklist*, de modo a contribuir para um manual de boas práticas na reabilitação energética, compostas pelas soluções construtivas mais frequentes (mais e menos eficazes) abordadas e analisadas no capítulo anterior.

No último capítulo, descreve-se as conclusões retiradas e as recomendações para trabalhos futuros, com vista ao desenvolvimento do manual de boas práticas na reabilitação energética de edifícios de habitação.

Por último, são apresentados sete anexos com informação complementar sobre os manuais analisados no quinto capítulo.

- A. **ANEXO A** - Manual de boas práticas construtivas – ITECONS;
- B. **ANEXO B** - Manual de boas práticas – reabilitação de edifícios urbanos – ITECONS;
- C. **ANEXO C** - Guias para a reabilitação: isolamento térmico de edifícios correntes com poliestireno extrudido – InovaDomus;
- D. **ANEXO D** - Renovar para consumir menos energia – rehabilitación energética de edificios y viviendas e moradias;
- E. **ANEXO E** - Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios. El aislamiento, la mejor solución” – Instituto para la diversificación y ahorro de la energía - IDAE;
- F. **ANEXO F** - Risparmio energetico nella casa – ENEA;
- G. **ANEXO G** - Guida pratica per i consumatori per il risparmio ed efficienza energetica negli edifici – ENFORCE.

## 2. CARATERIZAÇÃO DO PARQUE HABITACIONAL PORTUGUÊS

A construção tem tido um papel muito relevante no desenvolvimento económico e social do país. Os sucessivos e fortes investimentos que foram feitos na construção capacitou o país, proporcionando redes de infra estruturas adequadas, nas quais se desenvolveram as cidades e serviços prestados às populações, designadamente nos domínios da saúde e da educação. Estes investimentos também originaram a criação de um parque habitacional com uma dimensão razoável à população existente, aliada a uma rede satisfatória de outras infra estruturas de apoio ao bem-estar das populações. (FERNANDO, 2009)

A caraterização do parque habitacional português procura fazer um enquadramento de diversos aspetos, nomeadamente no que se refere à época de construção dos edifícios, ao estado de conservação e às necessidades de reparação dos mesmos, aos materiais mais usados na sua construção, bem como a forma de ocupação dos alojamentos. Estes fatores visam revelar a situação atual do parque e a necessidade de traçar cenários para o futuro quanto à potencialidade do mercado da reabilitação de edifícios.

### 2.1 Evolução do parque habitacional – análise quantitativa

#### 2.1.1 Dinâmica construtiva

Os resultados do Instituto Nacional de Estatística (INE, I.P) referem que “em 2011, o número de alojamentos em Portugal superou em 45% o número de famílias (+1,8 milhões de alojamentos do que famílias)” (INE, I.P, 2012, p. 1).

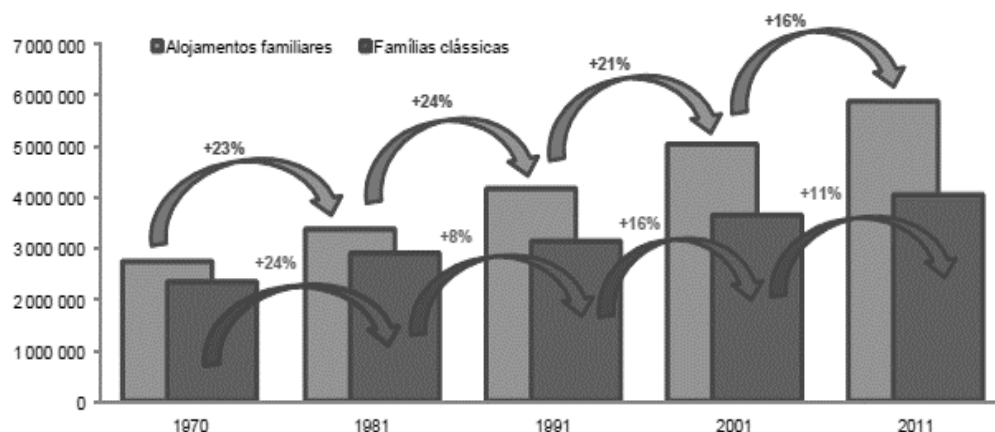


Figura 2.1 - Evolução do número de alojamentos e de famílias clássicas<sup>1</sup> em Portugal, 1970-2011, extraído de INE: Censos 1970,1981, 1991, 2001 e 2011, citado por (INE, I.P, 2012, p. 1).

Dado que cada alojamento tem por vocação alojar uma família isto implica que existe uma relação direta entre o número de alojamentos familiares e o número de famílias clássicas, permitindo

---

<sup>1</sup> Família constituída por Mãe, Pai e Filho.

deste modo, identificar eventuais desfasamentos entre a oferta habitacional e a procura. Retomando a Figura 2.1, verifica-se que nas últimas três décadas, caminhou-se para uma realidade, em que o crescimento do número de alojamentos familiares clássicos foi sempre superior ao crescimento do número de famílias clássicas. “Tal tendência sugere a existência de um mercado de habitação muito vocacionado para a construção de habitação nova...” (INE, I.P, 2013a, p. 30). Cóias, em 2011, escreve que entre 1991 e 2010 foram construídos 80 mil fogos/ano, o equivalente à construção da cidade de Coimbra por ano, durante 20 anos.

Perante esta realidade, será pertinente colocar uma questão: Será que os alojamentos vagos aumentaram efetivamente nas últimas três décadas?

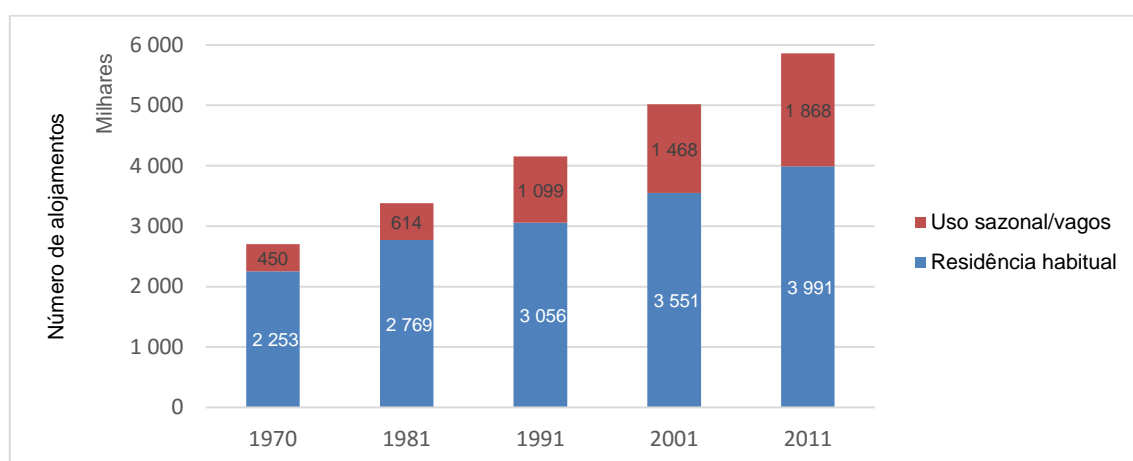


Figura 2.2 – Evolução do número de alojamentos familiares clássicos segundo a forma de ocupação. (Valores em milhares de alojamentos). (PORDATA, INE, I.P, 2014)

A resposta é evidente, conforme se pode verificar na Figura 2.2 existiu um aumento evidente do número de alojamentos familiares clássicos na situação de uso sazonal/vagos a partir da década de 80. Constatase que, entre 1991 e 2001, o número de alojamentos destinados à residência habitual aumentou cerca de 16% (igual ao crescimento das famílias, ver Figura 2.1). Entre 2001 e 2011, a situação acentuou-se, isto é, o aumento do número de alojamentos salientou-se face ao crescimento das famílias clássicas, à exceção da região da Península de Setúbal que, segundo INE, I.P, no período 2001-2011, registou um acréscimo no número de famílias clássicas residentes face ao aumento do número de alojamentos familiares. (2013a)

Os alojamentos vagos são cada vez mais, devido à incapacidade do mercado absorver as habitações novas e, em simultâneo, acresce a devolução de casas à banca, por parte dos promotores ou das famílias, muito motivada pela conjuntura económica atual. Outra razão aparente para esta situação será a constante litoralização da ocupação do país.

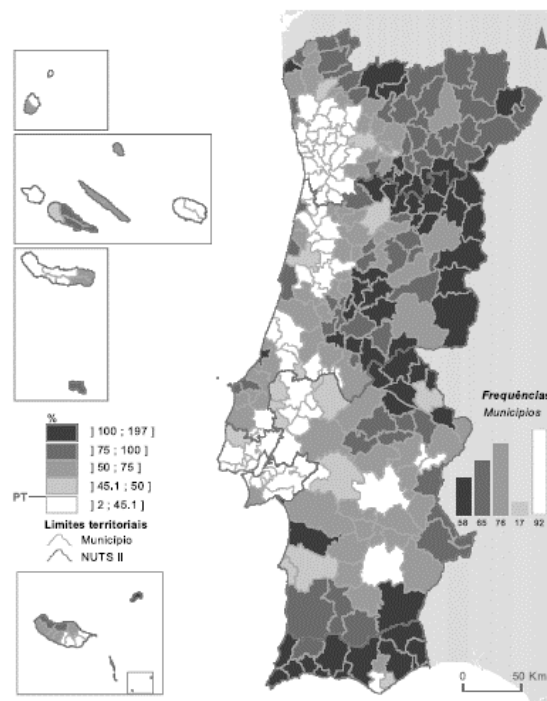


Figura 2.3 - Excedente de alojamentos por municípios, extraído de INE, I.P., Recenseamento da População e Habitação, 2001 e 2011, citado por (INE, I.P, 2013b).

Em termos regionais, facilmente se verifica que é no Algarve que predominam as residências secundárias (cerca de 39,4% do total de alojamentos). Lisboa apresenta a percentagem mais baixa com cerca de 11,5%. (INE, I.P, 2013b)

O crescimento do número de alojamentos, nas últimas três décadas, poderá estar associado a diversos fatores, como por exemplo, o acesso ao crédito bonificado até 2002, do desagravamento fiscal do rendimento com as despesas de aquisição de casa desde 1976 até à atualidade, do congelamento das rendas. Estes fatores aliados à fraca atratividade dos programas de apoio à reabilitação contribuíram para a retração do mercado de arrendamento. Por outro lado, o crescimento do número de alojamentos esteve associado a um aumento das respetivas dimensões, quer ao nível do número de pavimentos, quer ao nível dos logradouros. Paralelamente, assiste-se a uma diminuição do número médio de pessoas por família, o que pode significar uma alteração dos padrões de vida da população, onde o espaço surge como um importante elemento de conforto da habitação. (PEREIRA & PATO, 2013)

## 2.1.2 Carências habitacionais

### 2.1.2.1 Carências habitacionais quantitativas

Anteriormente verificou-se que em grande parte do território português, o crescimento do número de alojamentos familiares clássicos foi superior ao crescimento do número de famílias clássicas, o que significaria que não existiriam em Portugal carências habitacionais. Porém, tendo em conta que os

alojamentos são bens imóveis, isto é, não podem ser deslocados para os locais realmente necessários, tal fato poderá não corresponder à realidade e efetivamente existir carências habitacionais.

Com base num estudo de Rodrigues (2001), o total das carências habitacionais quantitativas (n.º de alojamentos) é o resultado da soma das seguintes variáveis (dados divulgados pelo INE, IP, referente a 2001):

- 27 319 alojamentos não clássicos<sup>2</sup>;
- 8 178 famílias clássicas residentes em hotéis e similares, e em convivências;
- 68 299 alojamentos para famílias que residem em regime de ocupação partilhada
- 73 015 alojamentos que representam o stock de alojamentos considerados necessários para garantir o funcionamento dos mercados habitacionais, mobilidade populacional ou outras formas de abate ao stock de residências habituais (estimado como 2% do número de famílias clássicas residentes). (RODRIGUES, 2001, p. 8)

Considerando estes valores, permitem aferir a necessidade de 176 811 alojamentos face aos 185 509<sup>3</sup> alojamentos vagos existentes. Poder-se-ia concluir de forma precipitada que não haveria carências habitacionais a colmatar. Todavia, relacionando as carências habitacionais quantitativas com os alojamentos vagos em diferentes regiões do país, verifica-se claramente uma oferta deficitária no que diz respeito a alojamentos vagos na região Grande Lisboa, Grande Porto, Açores e Madeira. (INE, I.P, 2013a)

Em dez anos, isto é, entre 2001 e 2011, a relação entre as carências habitacionais e o parque habitacional sofreu alterações significativas, de uma forma transversal em todo o país, que em muitas regiões resultou na duplicação do número de alojamentos vagos, promovendo assim uma diminuição das carências habitacionais, em menos 25% do que em 2001 reduzindo as necessidades para cerca de 132 656 alojamentos. Em suma, em 2011, as carências habitacionais quantitativas eram residuais. (INE, I.P, 2013a)

#### **2.1.2.2 Carências habitacionais qualitativas**

No que diz respeito às carências habitacionais do ponto de vista qualitativo importa analisar as condições de habitabilidade dos alojamentos, designadamente do índice de lotação, da necessidade de infraestruturas básicas e de alojamentos em edifícios muito degradados.

De acordo com Rodrigues (2001), o total das carências habitacionais qualitativas (n.º de alojamentos) é o resultado da soma dos seguintes indicadores:

- 450 729 alojamentos familiares sobrelotados;

---

<sup>2</sup> Alojamento móvel, improvisado que não foi construído para a habitação, mas funciona como residência habitual de pelo menos uma família no momento de referência (exemplo alojamento habitualmente designado por “barracas”).

<sup>3</sup> (INE, I.P, 2013a).

- 18 297 alojamentos familiares clássicos, ocupados como residência habitual, integrados em edifícios muito degradados ou com necessidades de reparação muito grandes ao nível da cobertura, da estrutura e das paredes e caixilharias do edifício;
- 76 581 alojamentos familiares sem pelo menos uma das três infraestruturas básicas (instalações sanitárias, água canalizada e instalações de banho ou duche). (RODRIGUES, 2001, p. 10)

Entre 2001 e 2011, de uma forma geral ocorreu uma melhoria significativa das condições de habitabilidade. Em 2011 comparativamente a 2001, os alojamentos familiares sobrelotados sofreram uma redução de cerca de 21%. Já a redução dos alojamentos familiares clássicos, ocupados como residência habitual, integrados em edifícios muito degradados, foi cerca de 68%. Por fim, verificou-se uma redução superior em 60% em todas as carências de infraestruturas. (INE, I.P, 2013a)

### 2.1.3 Idade e necessidades de reparação do parque habitacional

A idade do parque habitacional é um dos principais indicadores quanto ao seu estado de degradação. Os excessos da construção nova contribuíram positivamente para que a maioria dos edifícios do parque habitacional apresentem um índice de envelhecimento relativamente baixo, correspondendo portanto a um parque habitacional relativamente recente.

O estado de conservação dos edifícios do parque habitacional permitirá aferir num enquadramento geral quais são as suas necessidades de reabilitação. Para caracterizar o estado de conservação do parque habitacional de Portugal, recorreu-se aos dados fornecidos pelo INE.

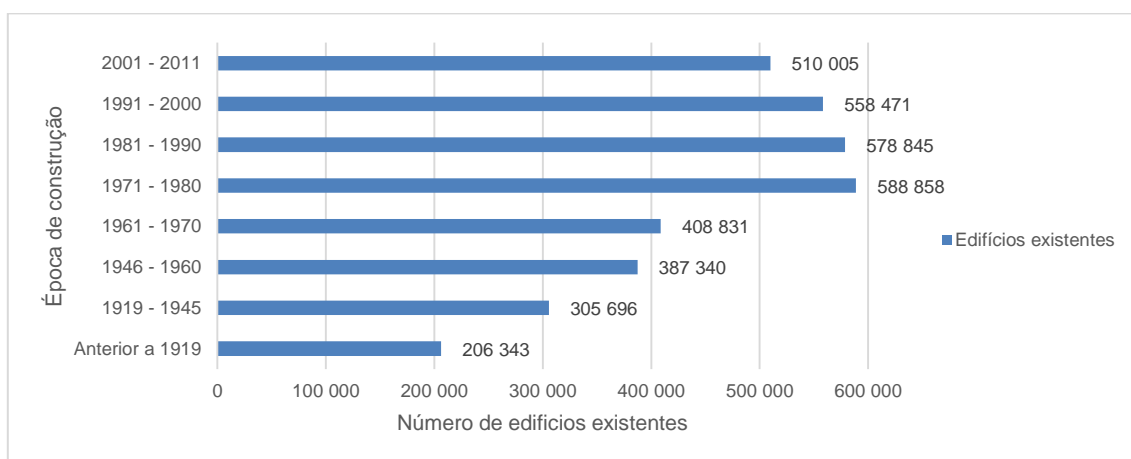


Figura 2.4 - Idade do parque habitacional, segundo a época de construção. (Pordata, INE, I.P, 2015b)

De acordo com a Figura 2.4, estima-se que o parque habitacional conte com 3 544 389 edifícios, sendo que cerca de 63% dos edifícios foram construídos após 1970, ou seja, Portugal possui um parque relativamente recente, estimando-se a idade média em 38 anos. Relativamente aos edifícios construídos antes de 1919 perfazem apenas a 6%.

Em termos regionais, o Algarve e a Região Autónoma da Madeira apresentam os índices de envelhecimento mais baixos, valores em grande parte justificados pela forte aposta na atividade

turística, no mercado habitacional, na diversidade da oferta e na valorização daquilo que nos diferencia de outros destinos, designadamente na simbiose quase perfeita entre a beleza das praias do nosso país e o próprio clima (INE, I.P, 2013b). De uma forma geral, verifica-se através da Figura 2.5, que as regiões mais interiores do país, designadamente o Alentejo apresentam um parque habitacional mais envelhecido face às regiões localizadas junto ao litoral e dos grandes centros urbanos.

Porém, é de sublinhar que entre 2001 e 2011, verificou-se um envelhecimento do parque habitacional nas sete regiões NUTS II (Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos) do país. A região de Lisboa apresentou o maior índice de agravamento da idade dos edifícios, talvez por razões relacionadas com o próprio sector da construção em Portugal, ou seja, a pouca vinculação com o mercado da reabilitação de edifícios.

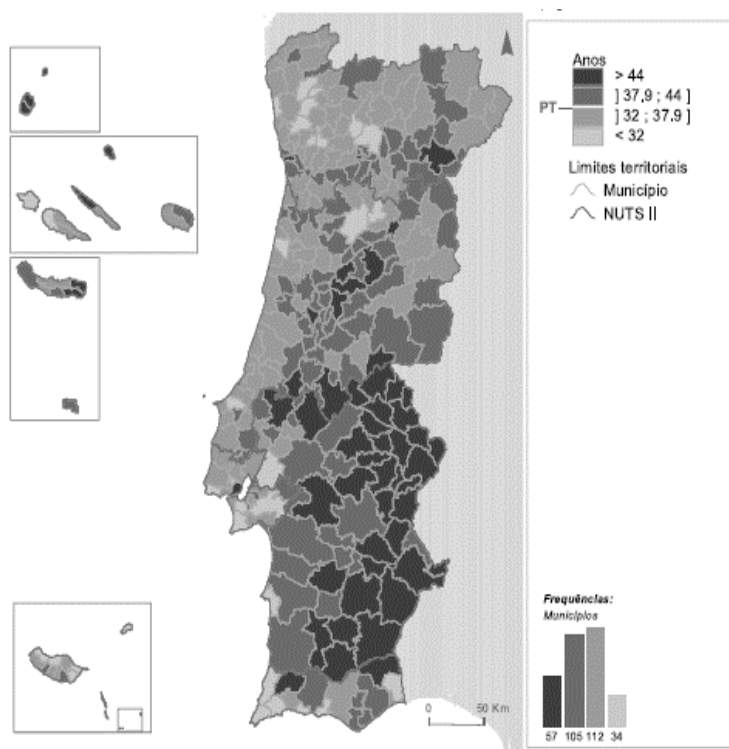


Figura 2.5 – Idade mínima dos edifícios clássicos por municípios, extraído de INE, IP recenseamento da População e Habitação 2011, citado por (INE, I.P, 2013b, p. 150).

As necessidades de reparação<sup>4</sup> dos edifícios têm vindo a diminuir progressivamente ao longo das últimas décadas, visto que a construção é mais recente. Estima-se que, “em 2011, a maioria dos edifícios do País não apresentava necessidades de reparação (71,1%)” (INE, I.P, 2013a, p. 73). A mesma fonte refere que os edifícios com estruturas de betão armado ou paredes de alvenaria com laje apresentam melhor estado de conservação.

<sup>4</sup> As reparações são classificadas de pequenas, médias, grandes ou muito degradado.



Apesar das estimativas parecerem otimistas e satisfatórias, é de salientar a existência de mais de 1 milhão de edifícios que carecem de algum tipo de intervenção, correspondendo a cerca de 29% do parque habitacional, dos quais 4,4% dos edifícios carecem de grandes reparações ou até mesmo se encontram em estado de degradação muito avançado. (INE, I.P, 2013a)

Através da Figura 2.6 ~~abaixo~~, verifica-se que nos edifícios mais recentes diminuem as necessidades de reparação. Consta-se que os edifícios que apresentam maior necessidade de reparação são os edifícios construídos antes de 1945, representando cerca de 67% do total de edifícios classificados como “muito degradado”. (INE, I.P, 2013a)

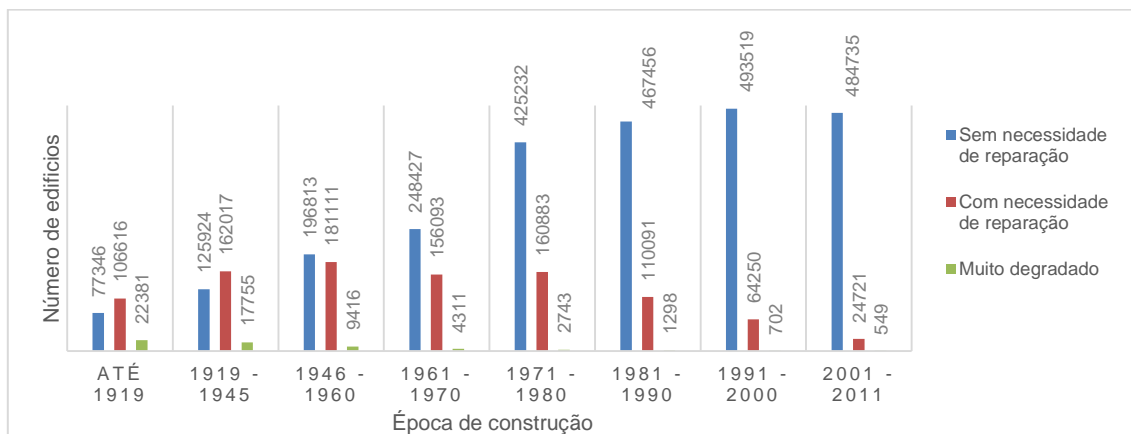


Figura 2.6 - Distribuição dos edifícios clássicos segundo o estado de conservação, por época de construção do edifício. (INE, I.P, 2014)

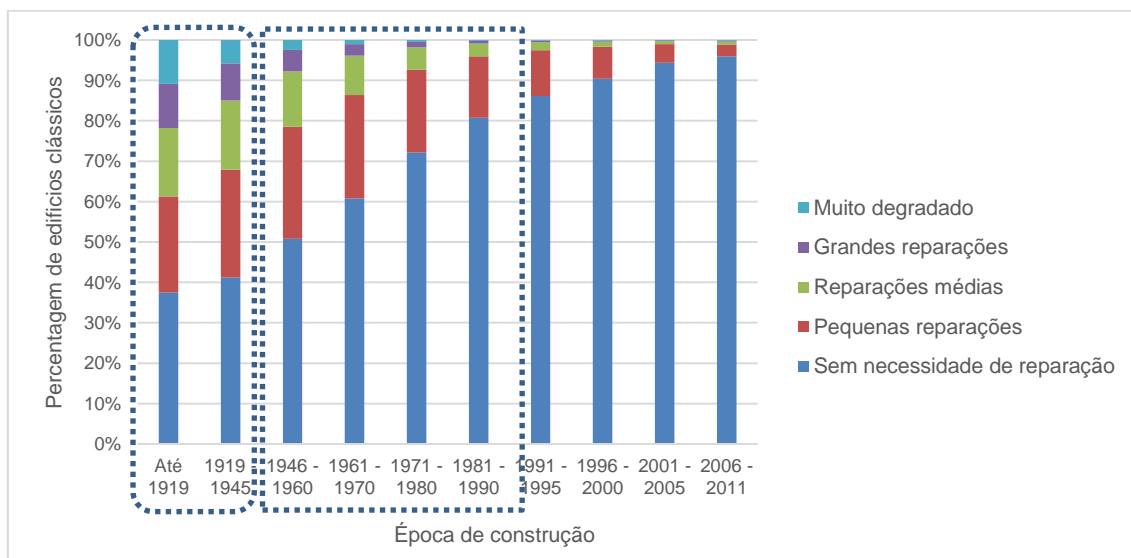


Figura 2.7 - Distribuição dos edifícios clássicos segundo a necessidade de reparação, por época de construção do edifício. (INE, I.P, 2014)

Com base na Figura 2.7, averigua-se que dos edifícios com necessidade de reparação são os edifícios com pequenas necessidades de reparação que mais predominam no nosso parque habitacional, sendo que estes são mais significativos no período compreendido entre 1946 a 1990. Os edifícios anteriores à década de 50, embora sejam em menor número, são as que provavelmente

revelam um maior desafio técnico, económico e de sustentabilidade, visto que apresentam um grau de deterioração física e estrutural bastante acentuado e uma inadequação funcional aos padrões de salubridade, conforto e segurança, consequência direta da ausência de regulamentação no setor da construção até à data da primeira publicação do Regime Geral das Edificações Urbanas (RGEU) em 1951. Apresenta-se de seguida, na Figura 2.8, uma breve descrição das necessidades de reparação dos edifícios e das características que conduzem à sua classificação.

Elementos do edifício	Necessidade de reparações			
	Pequenas	Médias	Grandes	Muito Grandes
<b>Na estrutura</b>	Pequenas fissuras ocorrendo apenas em poucos locais; Estruturas de madeira com alguma deterioração em poucos locais.	Pequenas fissuras frequentes; Descasque em recobrimento de betão armado; Ocorrência pontual de sinais de corrosão em elementos de betão armado ou de estrutura metálica; Pavimentos com deformações notórias; Estruturas de madeira apodrecidas e/ou com ataque biológico (térmitas ou caruncho).	Fendilhação de média espessura em alguns pontos do edifício; Parede deformada ou desaprumada no interior do edifício; Elementos de betão armado com armaduras à vista e com corrosão; Elementos de estrutura metálica muito corroídos ou em perigo de rotura (escadas de serviço ou marquises com acesso vedado).	Ocorrência de assentamentos diferenciais das fundações (vãos de portas e janelas distorcidas); Estrutura de fachada desaprumada ou fissuração > 5 mm em mais de um local; Pilares desaprumados ou vigas ou lajes com deformação elevada; Fendilhação grande em elementos de betão armado e em mais de um local.
<b>Na cobertura</b>	Telhado sujo ou algumas telhas danificadas; Sistema de drenagem com funcionamento deficiente (entupimentos, rupturas).	Telhados com as águas deformadas; Telhas partidas ou porosas, havendo infiltrações; Fissuras em pavimentos de cobertura em terraço; Ocorrência de infiltrações generalizadas em caleiras e algerozes.	Grandes áreas do telhado deformado e sujo; Estrutura do telhado apodrecida ou corroída de forma generalizada; Necessidade de substituição integral das telhas ou outros elementos de revestimento do telhado ou do dispositivo de impermeabilização do terraço; Sistema de drenagem inexistente ou totalmente inoperacional (irrecuperável).	Grande área do telhado sem cobertura; Material de revestimento levantado com grandes infiltrações.
<b>Nas paredes e caixilharia exteriores</b>	Revestimentos empolados/sujidade; Ocorrência pontual de deficiências em caixilharias ou alguns vidros partidos.	Ausência de pintura em grandes áreas; Existência de grande diversidade de revestimentos denotando reparações defeituosas anteriores; Apodrecimento localizado dos revestimentos (normalmente junto às coberturas); Caixilharia com deficiências notórias.	Revestimentos degradados ou empolados em alguns locais; Fissuras e ausência de reboco em algumas áreas; Revestimentos apodrecidos e em desagregação; Elementos decorativos partidos e/ou deslocados em risco de queda; Caixilharia quase totalmente inoperacional; Caixilharia de marquises enfolada ou com muitos vidros partidos.	Reboco inexistente, empolado ou fissurado em grandes áreas; Cantaria de ornamentação de vãos fissurada e caixilharia a substituir totalmente.

Figura 2.8 - Caracterização das necessidades de reparação: pequenas, médias, grandes e muito degradado, extraído de (INE, I.P., 2013a, p. 170)

#### 2.1.4 Épocas representativas do parque habitacional

O parque habitacional edificado é classificado em seis categorias de A a F. Descreve-se em seguida essas seis categorias, por ordem cronológica: **A - Edifícios Pré-Pombalinos** (anteriores a 1755), **B - Edifícios Pombalinos e similares** (1755-1870), **C - Edifícios Gaioleiros** (1880-1930), **D - Edifícios Mistos** (1930-1940), **E - Edifícios em betão armado com grande percentagem de alvenaria de tijolo** (1940-1960) e por último, **F - Edifícios de betão armado da última fase** (1960-1980). A mesma fonte refere que a construção de edifícios altos com aproveitamento dos pisos abaixo do solo surgiu a partir de 1985, no entanto, não se atribuiu nenhuma classe a este tipo de edifícios. (OLIVEIRA & CABRITA, 1985)

Como se pode verificar através da Figura 2.9, é difícil definir um tipo de cultura construtiva portuguesa específica, existindo descontinuidades ao longo dos anos. Estas descontinuidades podem ser fruto da falta de qualidade e de critério de construção, tornando difícil de caracterizar o parque habitacional existente. Todavia, é possível simplificar a classificação mencionada anteriormente, em

função das características estruturais dos edifícios existentes, diretamente relacionadas com a época de construção e com as tecnologias construtivas empregues.

Do parque habitacional distinguem-se essencialmente três categorias (excluiu-se o património monumental), diferenciadas não apenas pela época de construção, mas essencialmente pelo tipo de estrutura, excluindo a diferenciação dos edifícios com presença de pavimento em betão armado ou madeira.

- **Edifícios “Antigos” (até 1960)** – Edifícios em alvenaria de pedra solta ou de adobe, ou alvenaria de pedra com ou sem laje de betão armado;
- **Edifícios “Décadas de 60, 70 e 80” (entre 1960 e 1990)** - Edifícios com estrutura porticada em betão-armado preenchida por alvenaria de tijolo, mas com reduzida capacidade de dissipar a energia que lhe é transmitida por um eventual sismo;
- **Edifícios “Recentes” (a partir de 1990 até atualidade)** - Edifícios construídos de acordo com a atual regulamentação;

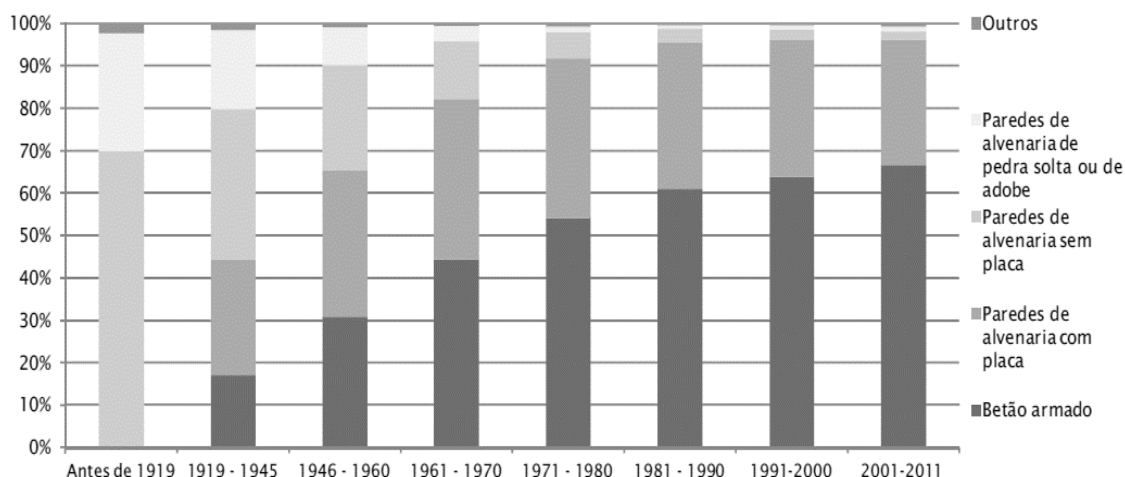


Figura 2.9 - Distribuição de edifícios clássicos segundo o tipo de estrutura de construção, por época de construção dos edifícios, extraído de INE: Censos 2011, citado por (INE, I.P, 2013a, p. 63).

A Figura 2.10 revela a presença de dois tipos de estruturas, constituindo uma percentagem importante do parque edificado português. Atualmente, cerca de 49% dos edifícios construídos pertencentes ao parque habitacional possuem estrutura em betão armado (integrados nos Edifícios “Décadas 60, 70 e 80” e Edifícios “Recentes”) face aos 51%, cujos edifícios são constituídos por paredes de alvenaria, dos quais 32% pertencem à fase denominada por Edifícios “Mistos”. Por outro lado, o uso de materiais como o adobe, a taipa ou a alvenaria de pedra solta, bem como os pavimentos em madeira (Edifícios “Antigos”) deixam de fazer parte integrante do processo construtivo a partir de 1920, representando cerca de 20% do parque habitacional.

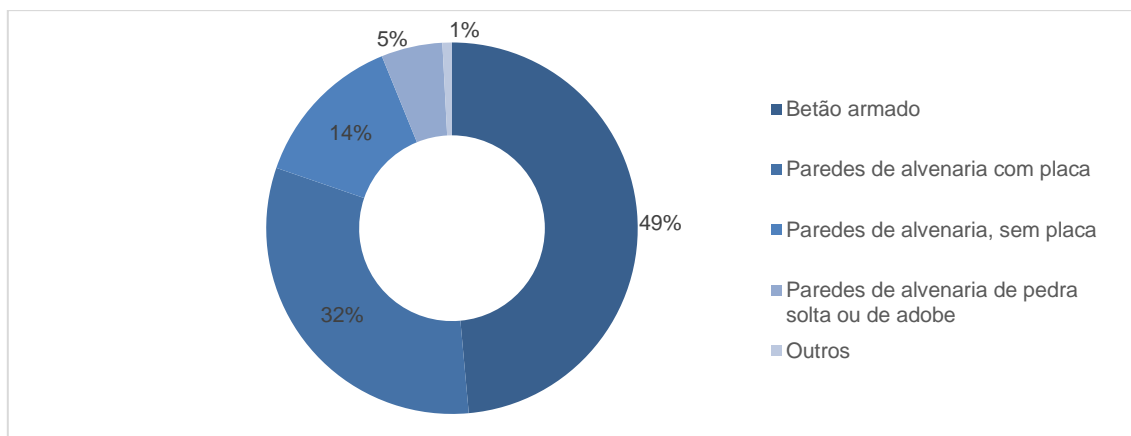


Figura 2.10 – Distribuição percentual do tipo de estrutura dos edifícios existentes em Portugal. (INE, I.P, 2014)

Para efeitos da presente dissertação, atribuir-se-á às seis categorias de edifícios uma nova classificação (em três categorias) com base no esquema sugerido na Figura 2.11, salientando que esta nova classificação não é por si uma classificação rigorosa, pretendendo somente sintetizar o parque habitacional, de modo a compreender qual o objeto de estudo.

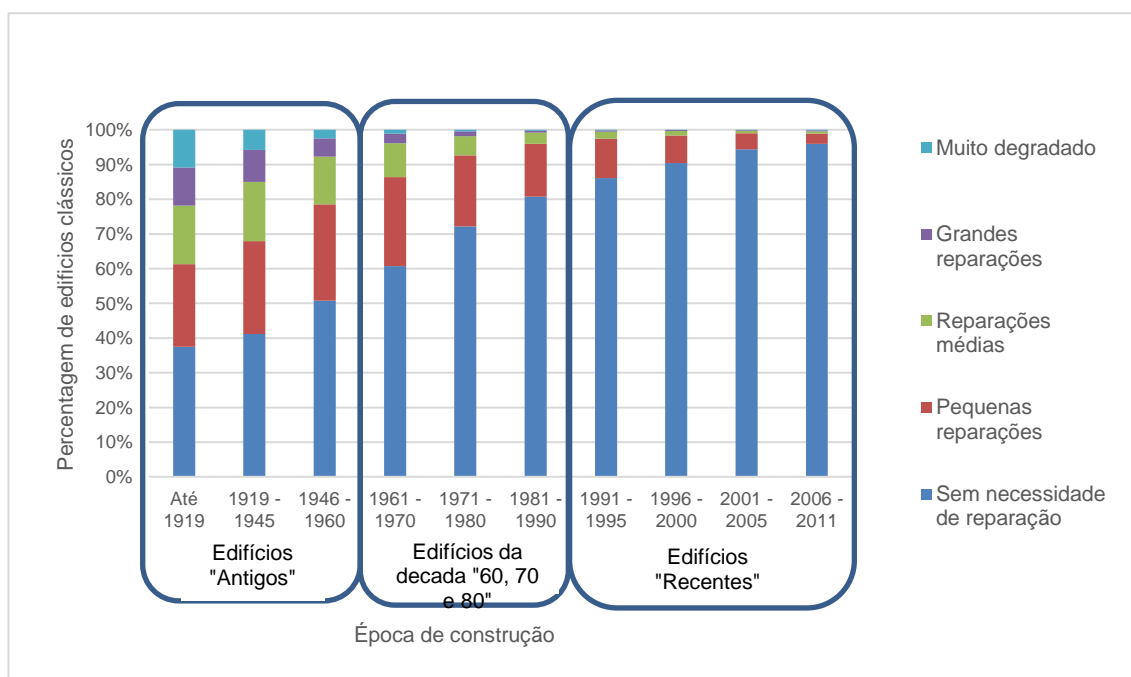


Figura 2.11 - Nova classificação dos edifícios existentes em Portugal.

#### **2.1.4.1 Edifícios “Antigos” e “Mistos”**

Designou-se por Edifícios “Antigos” todos os edifícios que são essencialmente constituídos por paredes de alvenaria simples, ou seja, conjunto de elementos de pequena dimensão (pedras, tijolos ou blocos) sobrepostos e arrumados, ligados ou não por argamassa, formando assim as ditas paredes, cujo conjunto sustenta outros elementos construtivos, denominando-se esses conjuntos por alvenarias estruturais. Em geral, a estrutura dos pavimentos e da cobertura são em madeira. Em suma, considerou-se como edifício antigo, aquele que foi construído antes do advento do betão armado como estrutura dominante. Existem também, os chamados edifícios mistos, que apresentam a mesma solução construtiva que os edifícios “antigos”, utilizando alvenarias de pedra ou de tijolo, no entanto, com o surgimento do betão armado a partir de 1930, os pavimentos de madeira são substituídos gradualmente por lajes maciças que descarregam diretamente sobre as paredes de alvenaria, (OLIVEIRA & CABRITA, 1985; SILVA L. R., 2007). Estes edifícios representam cerca de 20% do parque habitacional (ver Figura 2.4).

#### **2.1.4.2 Edifícios “Décadas de 60, 70 e 80”**

A partir da década de 50, o betão armado começou a ganhar mais expressão, surgindo como solução estrutural, perdendo assim as alvenarias as suas características resistentes que até aí possuíam, transformando-se em simples panos de enchimento. Os edifícios apresentam assim estruturas aporticadas de betão armado preenchidas na periferia por paredes duplas de alvenaria de tijolo de modo a melhorar a eficácia à estanquicidade à água da chuva, através de um corte hídrico entre o pano exterior e o interior. As divisórias interiores, também são efetuadas em alvenaria de tijolo a meia vez. (OLIVEIRA & CABRITA, 1985)

A partir de meados da década de 60, os edifícios passam a ter uma estrutura reticulada em betão armado, com aberturas maiores para as janelas e muitos dos rés-do-chão sem alvenaria. Entre a década de 70 e 80, as paredes exteriores apresentam a mesma solução, em parede dupla, porém por motivos de aligeiramento das paredes e controlo de custos inerentes à construção, recorreu-se à diminuição da espessura do pano exterior, adotou-se o tijolo de 11 em detrimento do tijolo de 15, o que veio acarretar consequências ao nível da estanquicidade à água da chuva e posteriormente afetando o comportamento térmico e acústico das respetivas paredes. (OLIVEIRA & CABRITA, 1985)

De seguida, no Quadro 2.1, apresenta-se a evolução da composição das paredes e o respetivo sistema construtivo em Portugal.

Quadro 2.1 - Síntese aproximada da evolução das paredes exteriores em Portugal, modificado de (SOUSA, 1996).

Evolução das paredes exteriores	Descrição da parede
Anos 40	Paredes simples de tijolo maciço ou perfurado, espessas;
Anos 50	Paredes de pedra com pano interior de tijolo furado e eventual caixa-de-ar;
Anos 60	Paredes duplas de tijolo com um pano espesso;
Anos 70	Paredes duplas de tijolo com panos de espessura média ou reduzida;
Anos 80	Paredes duplas de tijolo furado com isolamento térmico, preenchendo total ou parcialmente a caixa-de-ar.

Após o 25 de Abril de 1974, Portugal mergulhou numa grande instabilidade social e financeira, cuja situação, aproveitada por investimentos especulativos, impulsionou o setor da construção. Esta época proporcionou a construção em grande quantidade refletindo-se em edifícios sem qualidade, baseados em conceitos errados enraizados na nossa população, como por exemplo:

- Vivia-se num país de sol e praia pelo que não seria necessário isolamento na caixa-de-ar;
- As correntes de ar eram nocivas, por isso os vãos teriam que ser bem fechados mesmo durante o período de Verão.

Em geral os edifícios são caracterizados por possuírem um aspeto luxuoso, mal isolados, mal ventilados e possuírem sistemas de aquecimento rudimentares que queimam eletricidade para o aquecimento. Na década de 80 verificou-se a introdução do isolante leve aplicado no pano interior para aumentar o conforto térmico das habitações, no entanto, esta solução construtiva foi insuficiente e deu origem às primeiras anomalias nas zonas de ponte térmica plana. Paralelamente, surgem as

caixilharias em alumínio mais estancos (com vidro simples) <sup>5</sup>do que as antigas caixilharias de madeira, proporcionando uma ineficiente ventilação natural do interior dos edifícios. (MASCARENHAS, 2007)

#### **2.1.4.3 Edifícios “Recentes”**

Engloba-se nesta categoria os edifícios construídos a partir da década de 90, representando cerca de 30% do parque habitacional. Só a partir de 1991, surgiu pela primeira vez em Portugal, o primeiro instrumento legal que regulamentava as Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Este regulamento visava conservar a energia nos edifícios de habitação, melhorando assim as condições de salubridade, de higiene e de conforto, condições essas que eram extremamente precárias até à data. Também tinha como objetivo diminuir o consumo e potência da energia para o conforto térmico (aquecimento e arrefecimento) e para o conforto visual (iluminação). Paralelamente, a evolução dos materiais no mercado e os efeitos da concorrência, bem como o incremento da atividade de normalização, certificação e homologação dos materiais, foram fatores que contribuíram para um aumento da qualidade da construção. (JARDIM, 2009)

#### **2.1.5 Soluções e materiais de construção mais utilizados**

O parque habitacional apresenta diversas soluções construtivas, quanto ao tipo de estruturas de construção, ao tipo de revestimento exterior e ao tipo de cobertura, segundo a respetiva época de construção do edifício em causa. Nesse sentido, será conveniente quantificar as soluções construtivas existentes, de forma a padronizar qual ou quais as soluções e materiais construtivos mais correntes em Portugal.

Cerca de 48,6% (1.721.109) dos edifícios clássicos possuem como estrutura, o betão armado, face aos restantes 52,4% em que a estrutura é constituída por paredes de alvenaria ou outros materiais. Salienta-se, no entanto, que 31,7% (1.123.774) desses 52,4% são edifícios classificados como edifícios mistos, ou sejam, apresentam paredes de alvenaria e pavimentos em betão armado. (INE, I.P., 2013a)

Os revestimentos exteriores são um componente fundamental para o bom desempenho das paredes pelas funções que desempenham tanto ao nível de comportamento mecânico, quer ao nível higrométrico e até mesmo estético. Dentro da gama dos materiais mais usados em Portugal para revestimentos exteriores, o reboco tradicional ou marmorite, é a solução mais corrente representando cerca de 84% do parque habitacional. Por vezes recorria-se a utilização de revestimentos impermeáveis, como os revestimentos cerâmicos, e os revestimentos descontínuos de estanquicidade (ardósia ou chapas de fibrocimento) para melhorar o comportamento das paredes exteriores à ação da água das chuvas nas zonas propícias a esta agressão. Os revestimentos mantiveram-se constantes no percurso evolutivo do parque habitacional, sofrendo somente alterações ao nível do próprio material,

---

<sup>5</sup> O uso de vidro simples nas janelas ainda é o mais utilizado no parque habitacional edificado, cerca de 75% do parque. Estudo ICESD 2010, INE e DGEG.

isto é, substitui-se o tradicional reboco à base de cal, por rebocos com ligantes hidráulicos. (JARDIM, 2009)

A cobertura é o elemento construtivo da envolvente do edifício mais fundamental, com a construção da primeira cobertura nasceu o espaço de “interior” e é dessa forma que a humanidade se protege da precipitação e das situações extremas do clima, principal função da cobertura. Os edifícios com cobertura inclinada revestida a telha cerâmica ou de betão representam a maior parte dos edifícios em todas as regiões do país, cerca de 95%. Este tipo de solução construtiva é mais frequente nos edifícios de 1 a 4 pisos. (INE, I.P, 2013a)

Esta análise da evolução construtiva dos edifícios, a forma como estão construídos e os materiais utilizados, permite concluir que o parque habitacional português é marcado por uma solução tecnológica dominante: estrutura porticada de betão armado, com paramentos de alvenaria de tijolo, caixilharia de alumínio para os vãos envidraçados e de cobertura inclinada revestida a telhas cerâmicas. Contudo, com a progressiva atualização regulamentar será de esperar que as soluções construtivas correntes sejam obrigadas a sofrer uma evolução significativa, ou até mesmo a substituição por outras de melhor desempenho face os novos requisitos.

## **2.2 Reabilitação de Edifícios**

No decorrer deste capítulo pretendeu-se caracterizar o parque habitacional português e realçar os seus principais problemas ou necessidades, salientando-se o forte acesso à compra de habitação nova, a par de uma fraca dinâmica do mercado de arrendamento e um aumento gradual da percentagem de alojamentos vagos, motivado grande parte pelo peso da construção nova em detrimento da reabilitação de edifícios.

Para além das carências verificadas, é notória a ausência de um sistema de definição de qualidade na construção a par das novas exigências de sustentabilidade, como se pode ler no Regime Geral Edificações Urbanas (RGEU), no artigo n.º 9, estabelecendo que as edificações “(...) existentes deverão ser reparadas e beneficiadas pelo menos uma vez em cada período de oito anos, com o fim de remediar as deficiências provenientes do seu uso normal e de as manter em as condições de utilização (...)” contudo, importa salientar a inadequabilidade geral do RGEU às necessidades atuais de reabilitação – sob o ponto de vista legal - o próprio RGEU obriga a aplicação das suas disposições técnicas sobre o desenvolvimento de projetos e obras de “(...) reconstrução, ampliação, alteração, reparação ou demolição de edificações”, sendo portanto esta situação um dilema legal urgente de resolver. (AGUIAR, CABRITA, & APPLETON, 2014)

Desta forma, será necessário e de caráter urgente dar respostas às necessidades do parque edificado atual e sobretudo ao parque edificado no futuro, não só relativamente às questões das tecnologias construtivas, mas oferecer ou desenvolver intervenções de reabilitação do meio edificado que integrem a preservação do património, a atualização das condições de funcionalidade e conforto, agindo em particular na correção de anomalias e na identificação e adoção de soluções que garantam



um desempenho energético eficiente, não se reduzindo a um mero negócio imobiliário. (AGUIAR, CABRITA, & APPLETON, 2014)

### 2.2.1 Principais orientações e critérios técnicos da reabilitação de edifícios

A melhor forma de preservar os edifícios existentes é simplesmente usá-los ou reutilizá-los, sendo portanto a reabilitação de edifícios uma forma ou resposta de o preservar.

O conceito de reabilitação “é o conjunto de operações destinado a aumentar os níveis de qualidade dum edifício, por forma a atingir a conformidade com exigências funcionais mais severas do que aquelas para as quais o edifício foi concebido” (HENRIQUES, 1991, p. 3). O termo reabilitação pode ser empregue em duas ações distintas – “beneficiação” e “recuperação”.

Quadro 2.2 - Conceitos de conservação e reabilitação. (AGUIAR, CABRITA, & APPLETON, 2014)

<b>1º Nível</b>	<b>Reabilitação</b>	<b>Beneficiação</b>	Conjunto de operações que conferem a edifícios não degradados uma qualidade superior à que possível aquando da sua construção;
		<b>Recuperação</b>	Conjunto de operações que incidem em edifícios degradados, devido à não realização de obras de conservação com a devida periodicidade, ou sobre edifícios clandestinos, construídos segundo padrões sub-regulamentares sem o correspondente licenciamento municipal;
<b>2º Nível</b>	<b>Conservação</b>		Conjunto de operações que visa manter ou repor a imagem do edifício em causa, isto é, são operações de menor envergadura que se destinam a conferir aos edifícios não degradados uma qualidade equivalente à data da sua construção;
<b>3º Nível</b>	<b>Manutenção</b>		Conjunto de operações preventivas destinadas a manter o bom funcionamento do edifício, como por exemplo, inspeções de rotina, limpeza e aplicação de pinturas novas;

Em suma, a reabilitação de edifícios é basicamente ir mais longe do que uma simples ação de conservação, ou seja, é tornar o edifício utilizável segundo os padrões atuais, à semelhança daquilo que se lê no Regime Jurídico da Reabilitação Urbana (RJRU). Todavia, do ponto de vista operativo e técnico a reabilitação necessita distinguir duas linhas de ação, caso se trate de edifícios correntes, ou de edifícios com valor patrimonial, salientando que no caso das edificações em que exista um reconhecível valor patrimonial, terá que ser salvaguardada, para as gerações futuras, de todos os elementos com valor cultural e arquitetónico. Não será do âmbito da presente dissertação a reabilitação de edificações com valor patrimonial.

### 2.2.2 Reabilitação nos Países do Euroconstruct<sup>6</sup> e em Portugal.

O comportamento do sector da construção depende fortemente do desempenho da economia, sendo visível o impacto que a crise económica mundial teve particularmente nos países da UE. O ano de 2009 foi um ano catastrófico para o sector de construção nos países do Euroconstruct, afetando sem exceção todos os segmentos<sup>7</sup> do sector. Esta realidade deveu-se sobretudo à consolidação da crise económica mundial, provocando recessões em vários Estados e conduzindo a quedas acentuadas na indústria de construção. No período entre 2009 e 2012, na maioria dos países do Euroconstruct, todos os segmentos do sector da construção apresentaram forte instabilidade e quedas acentuadas. (MINISTRO & GIL, 2013a)

Em Portugal, após 2009, o nosso país destacou-se com taxas de crescimento real sucessivamente mais desfavoráveis essencialmente provocadas quer pelo facto de o sector da construção ser “um sector sensível e que funciona como barómetro da economia nacional” (MINISTRO & GIL, 2013b, p. 30) quer também pelas restrições de natureza orçamental, “que impõem contenção na despesa pública e, inevitavelmente, também no investimento público, afetando negativamente a dimensão do mercado interno da construção.” (MINISTRO & GIL, 2013b, p. 20)

De acordo com a septuagésima oitava conferência do Euroconstruct (2014), o mercado europeu de construção em 2014 entrou numa nova fase de crescimento. Após sete anos de profunda crise, e após valor negativo em 2013 (-2,7%), 2014 é confirmado como sendo o primeiro ano de recuperação na produção da construção, que foi moderado nesse ano (+1%), mas terá tendência a consolidar num futuro próximo: +2,1% em 2015 e +2,2% no próximo período de dois anos, conforme a Figura 2.12.



Figura 2.12 - Previsões do crescimento do PIB face ao crescimento do mercado da construção nos países do EC. (EUROCONSTRUCT, 2014)

Os três principais segmentos pertencentes ao mercado de construção devem crescer no curto-a-médio prazo, mas com algumas peculiaridades. Com base na Figura 2.13, o setor residencial ainda está sofrendo com os efeitos da crise, especialmente a “construção nova” que, após a redução grave

<sup>6</sup> O grupo Euroconstruct é constituído por 19 países, sendo destes 15 pertencentes à Europa Ocidental (Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Holanda, Noruega, Portugal, Espanha, Suécia, Suíça e Reino Unido), e 4 da Europa de Leste (República Checa, Hungria, Polónia e República Eslovaca).

<sup>7</sup> Edifícios residenciais, edifícios não residenciais e obras de Engenharia Civil.

em 2013 (-4%), este recuperou (+0,1%) em 2014, mas no curto-a-médio prazo será um motor muito importante para o sector europeu (perto de 4 pontos percentuais em média nos três anos no período 2015-2017). As obras de engenharia civil é o segmento que mais quebras registou na maioria dos países europeus, “devido, quer a restrições orçamentais, quer a dificuldade de financiamento dos mesmos, os problemas com as dívidas soberanas e os défices orçamentais [poderão], no curto prazo, a constituir dificuldades para a concretização de investimentos de maior dimensão.” (ITIC, 2013, p. 2017). Finalmente, a atividade da reabilitação de edifícios continua a ter um amortecimento importante para o sector da construção, pois na verdade, é este segmento que tem sido capaz de absorver parte do declínio no período passado, e irá estabilizar a tendência no futuro próximo.

	2013	2014	2015	2016	2017
New Residential	-4.0	0.1	2.6	4.7	3.7
New Non-residential	-5.2	0.6	2.7	2.1	2.3
Building R&M	-0.3	1.4	1.6	1.1	1.4
Civil Engineering	-4.2	1.4	2.2	2.6	2.7
<b>Total</b>	<b>-2.7</b>	<b>1.0</b>	<b>2.1</b>	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>

Figura 2.13 - Crescimento percentual dos diversos segmentos do setor da construção entre 2013 e 2017, nos países do Euroconstruct, extraído de (EUROCONSTRUCT, 2014)

De acordo com o INE, IP (2013a), a produtividade do segmento da reabilitação do edificado existente em Portugal representa apenas 26%, cujo valor nos posiciona na cauda da UE, lançando o nosso país para posições abaixo da média UE, pelo facto de ainda não haver um desinvestimento elevado no segmento da construção nova, ao contrário do que acontece em Espanha e na Irlanda. Por outro lado, países como Alemanha (58%), Itália (52%), Dinamarca (51%) e Suécia (42%), apresentam valores elevados comparados com Portugal, grande parte justificados pelo seu desenvolvimento económico face às outras economias, por “razões históricas e socioeconómicas que explicam estas diferenças muito díspares de comportamento, nomeadamente o valor social da propriedade que em Portugal é muito vincado”. (NUNES, 2011, p. 37)

De acordo com a Figura 2.14, em Portugal, realçam-se os segmentos da reabilitação de edifícios residenciais e da construção de obras de engenharia que mostram uma nova tendência ou “esperança” para o setor da construção. Por outro lado, o segmento da construção nova continua a decrescer e tenderá a estabilizar nos próximos anos, sendo que este decréscimo deve-se sobretudo à saturação deste segmento no mercado imobiliário.

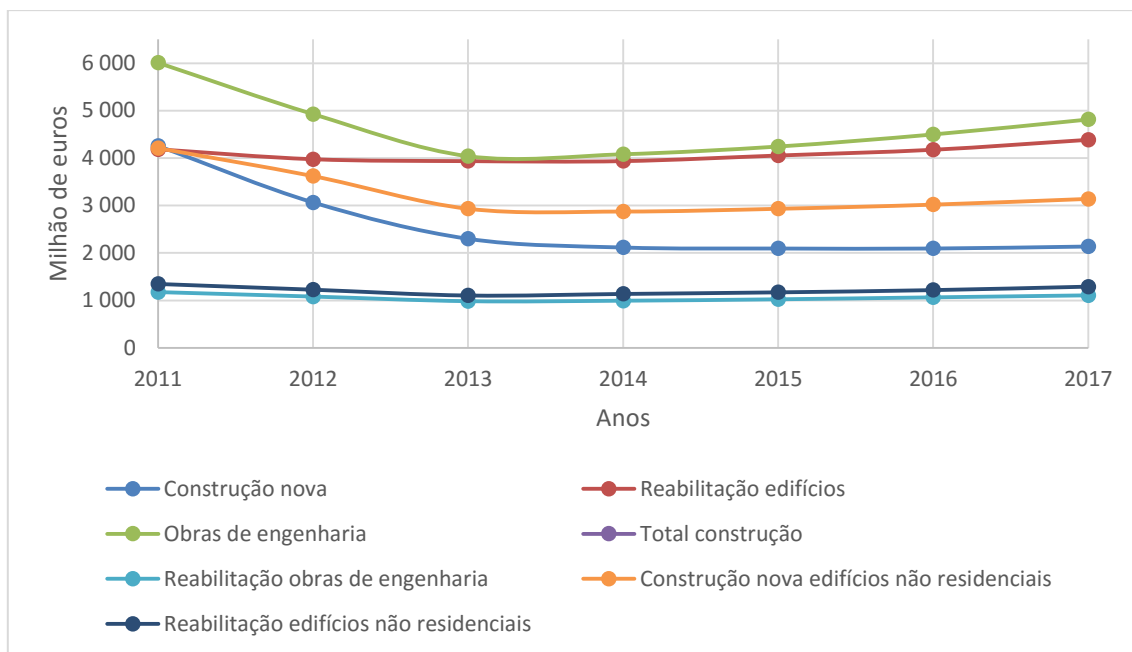


Figura 2.14 – Importância dos diversos segmentos do setor da construção em Portugal, e previsão dos mesmos nos próximos anos. (EUROCONSTRUCT, 2014)

### 2.2.3 Reabilitação energética de edifícios existentes de habitação

Tendo em conta toda a informação analisada até ao momento, prevê-se que o segmento da reabilitação de edifícios tenderá a crescer de forma gradual e lenta em Portugal. A questão da reabilitação de edifícios promove o surgimento de novos mercados, para fazer face às novas exigências, tais como, requisitos acústicos, infraestruturas de telecomunicações, instalação de gás, requisitos de eficiência energética e qualidade térmica, etc..

À medida que uma sociedade se torna mais desenvolvida, as exigências relativamente às habitações também aumentem, principalmente as suas necessidades de conforto e o consumo de energia. A forma e o conceito de habitar ao longo das últimas décadas têm sofrido alterações profundas, sobretudo aquando do surgimento de novas necessidades, como por exemplo, uso de novos eletrodomésticos, aumento dos níveis de exigência (de higiene pessoal e de conforto).

A eficiência energética de edifícios envolve a redução do consumo de energia para níveis aceitáveis de conforto, a qualidade do ar e outros requisitos ocupacionais, incluindo a energia utilizada para a sua construção. Como refere Paiva (2003) a reabilitação energética surge assim no contexto da reabilitação dos edifícios como uma das vias mais promissoras para corrigir a sua inadequação funcional, ao mesmo tempo que contribui para reduzir as necessidades e a própria dependência energética do país. Por outro lado, a melhoria da qualidade térmica e das condições de conforto dos ocupantes dos edifícios permite em muitas situações a correção de anomalias de carácter higrotérmico. As intervenções de reabilitação energética de edifícios de habitação, assumem atualmente um papel pertinente entre as intervenções de reabilitação. Estas intervenções promovem a redução (por vezes muito significativa) das necessidades de energia de aquecimento e, quando caso disso, de

arrefecimento, proporcionando melhorias das condições de conforto nos edifícios, a redução da potência dos equipamentos de climatização a instalar, bem como a redução das emissões de gases com efeitos de estufa que têm a médio e a longo prazo efeitos nefastos para o ambiente e para a humanidade.

A constante utilização de energia no desenvolvimento económico e social a nível mundial acarreta graves problemas, designadamente a extinção das energias não renováveis ou de origem fóssil, as quais diminuem gradualmente à medida que são consumidas, bem como a sua extração se torna cada vez mais trabalhosa e conseqüentemente, encarece o seu custo. Assim sendo, é pertinente questionar e até mesmo alterar o modelo atual de consumo energético, através da implantação de medidas que estimulem ou promovam o aumento da eficiência energética, visto que, como se referiu anteriormente, os recursos não renováveis deixarão de estar disponíveis para as gerações futuras, quer seja pela extração das suas reservas, quer seja porque a sua extração não será economicamente rentável. (ADENE, 2013)

Para além do consumo energético há que realçar que a transformação, o transporte e o uso final da energia causam graves impactos no meio ambiente, através da libertação de gases nocivos para a atmosfera, nomeadamente a libertação do gás: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Hoje em dia, a principal consequência do elevado consumo energético que se tem vindo a registar à escala global, é o efeito de estufa<sup>8</sup>. A concentração destes gases na atmosfera não só são os responsáveis pelo aumento artificial da temperatura do planeta, mas também contribuem para a desertificação, migrações das populações, erosão da costa marítima, perda da biodiversidade, etc... cujas alterações são alarmantes e podem tornar-se catastróficas. (ADENE, 2013)

Tendo em conta o atual modelo energético é necessário efetuar a transição para um modelo energético sustentável, neste caso concreto, através de medidas de reabilitação energética nos edifícios existentes, utilizando a energia de forma mais prudente, racional e económica possível, sem prejuízo do nível de conforto ou da qualidade de vida. Trata-se essencialmente de evitar o desperdício de energia o que pode ser alcançado através da alteração de alguns comportamentos, da utilização de equipamentos que consumam menos energia e intervenções ao nível das envolventes: opaca e envidraçada. (ADENE, 2013)

### **2.3 Dependência energética e consumo energético na União Europeia e em Portugal**

De acordo com os dados do Eurostat, Portugal posiciona-se novamente na cauda da UE no que respeita à dependência energética (71,5%, referente ao ano de 2013), apesar de se registar um decréscimo de 11,8%, respeitante ao período compreendido entre o ano de 2008 a 2013. Esta ligeira redução nos valores da dependência energética podem ser fruto do efeito de políticas e medidas de promoção da eficiência energética, contudo não será de todo fora do contexto, considerar a influência

---

<sup>8</sup> Processo natural responsável pela regulação da temperatura do planeta Terra.

dos efeitos da crise económica no nosso país. Países como a Noruega e a Dinamarca apresentam-se fortemente independentes das importações para satisfazer as suas necessidades energéticas. Até 2050, a Dinamarca pretende estabelecer a meta de energia dos 100%, ou seja, produzir somente energia e calor limpos, eliminando as emissões de dióxido de carbono. Para 2020, a meta é produzir cerca de 70% da energia a partir de fontes renováveis (em 2014 contabilizou 43%). No caso da Noruega, prevê-se que em 2030 seja um país neutro em termos de carbono. Em suma, estes países podem perfeitamente servir de modelo para outros países europeus mais industrializados. (EUROSTAT, 2014)

De acordo com a European Environment Agency (EEA) (2015), o peso do consumo de energia final nos principais setores de atividade económica foi de 25,6% nos transportes, 31,8% na indústria, 26,2% no sector doméstico, 13,5% nos serviços e 2,9% nas pescas e agricultura. Concluiu-se que o setor dos edifícios é responsável por cerca de 40% do consumo de energia final. Entenda-se por energia final, como sendo a forma de energia medida nos contadores, seja à entrada das fábricas, das habitações domésticas ou até nas estações de serviço. Toda a energia final sofreu processos de transformação a montante e destina-se a ser utilizada em equipamentos para conversão final.

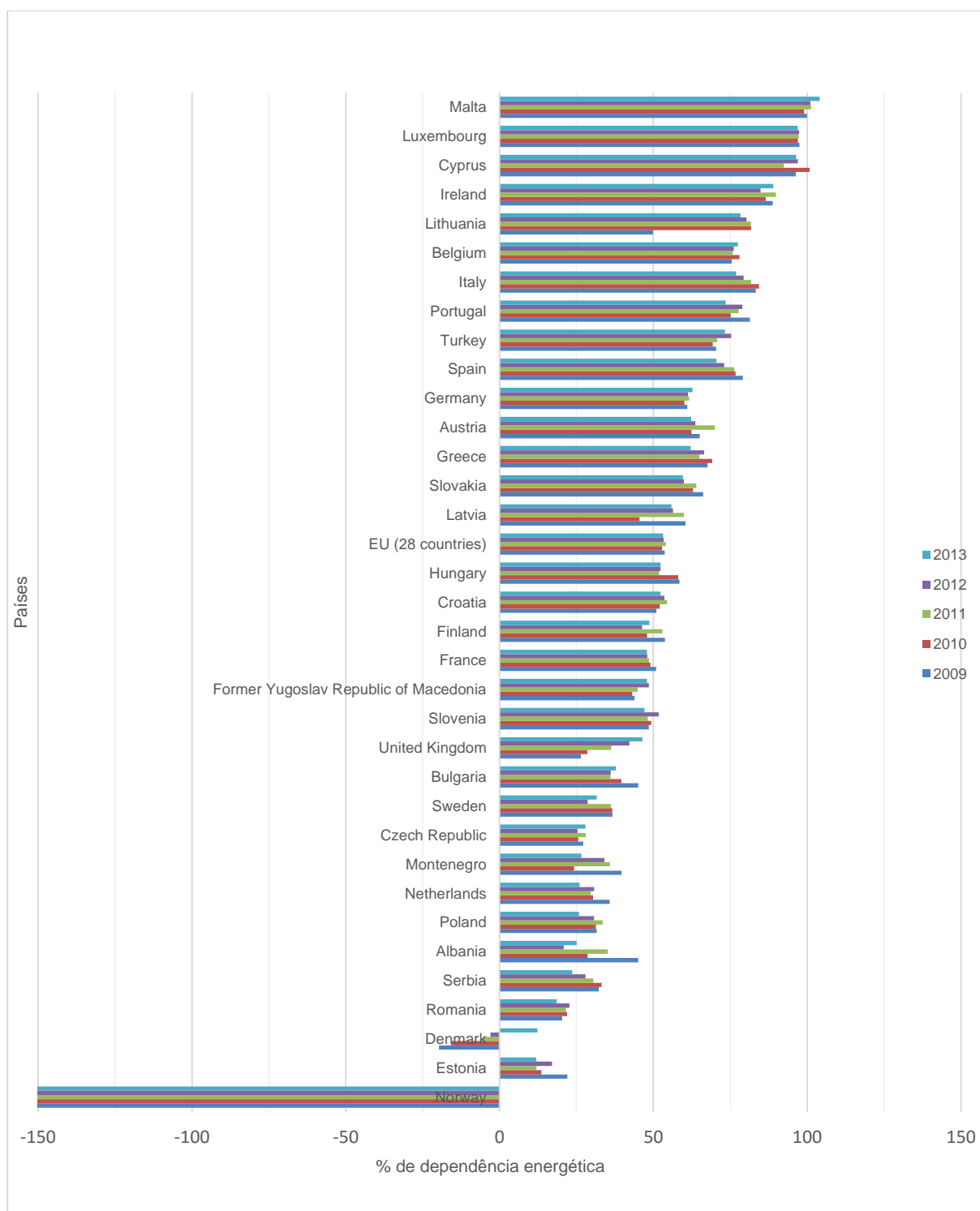


Figura 2.15 - Dependência Energética na UE (e países vizinhos) entre 2009 até 2013. (EUROSTAT, 2014)

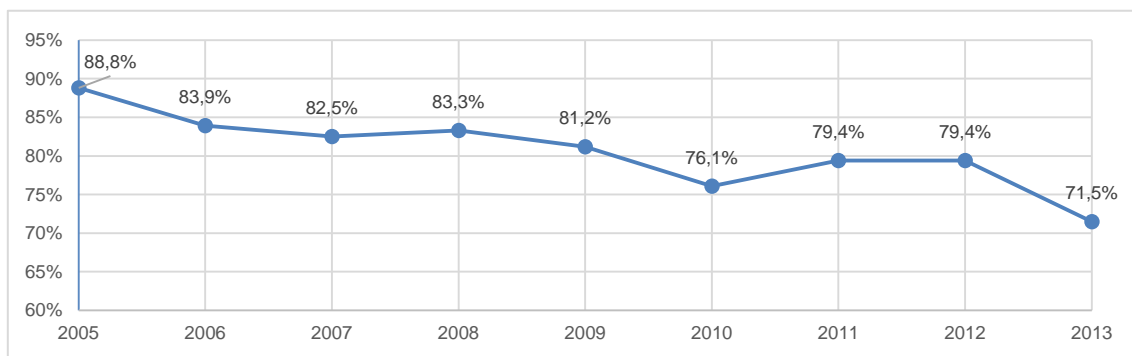


Figura 2.16 - Dependência energética de Portugal. (DGEG, 2016)

Segundo a DGEG (2016), Portugal sofreu uma forte descida da dependência energética, em 7,9%, entre 2012 e 2013 e deveu-se sobretudo à redução do consumo do carvão e do gás natural na produção de energia elétrica, uma vez que foram “substituídas” por outras fontes, nomeadamente as fontes renováveis, fundamentalmente hídrica e eólica. Apesar destas alterações, a principal fonte de energia para o consumo energético em Portugal é o petróleo e os seus derivados (gasolina, gasóleo, butano e propano), tornando assim Portugal num país fortemente dependente da energia do exterior. Logo, é necessário implementar mudanças e reduzir o consumo de energia, por um lado, “por motivos estratégicos, já que a Europa (e em especial Portugal) depende fortemente de países fora da UE para satisfazer as suas necessidades de combustíveis fósseis, gerando-se assim uma incerteza de continuidade de fornecimento [e por outro], por motivos económicos, já que o custo anual da fatura energética representa uma parcela significativa das despesas de um lar”, e por fim, por motivos ambientais. (SANTOS, 2008)

A DGEG menciona que em 2014, o peso do consumo de energia final nos principais sectores de atividade económica foi de 36% nos transportes, 32% na indústria, 17% no sector doméstico, 12% nos serviços e 3% na agricultura e pescas. (DGEG, 2016)

### 2.3.1 Desempenho energético dos edifícios de habitação

Para traçar uma estratégia eficiente na reabilitação energética de edifícios é necessária uma caracterização da eficiência energética do parque edificado, apresentando-se de seguida uma caracterização do desempenho energético dos edifícios de habitação, excluindo-se os edifícios de comércio e de serviço.

A Figura 2.17 apresenta o consumo de energia das habitações para diversos países da UE, em condições climatéricas normalizadas. É pois notório que as habitações portuguesas apresentam necessidades energéticas baixas. Apenas Malta apresenta necessidades energéticas mais baixas que Portugal.



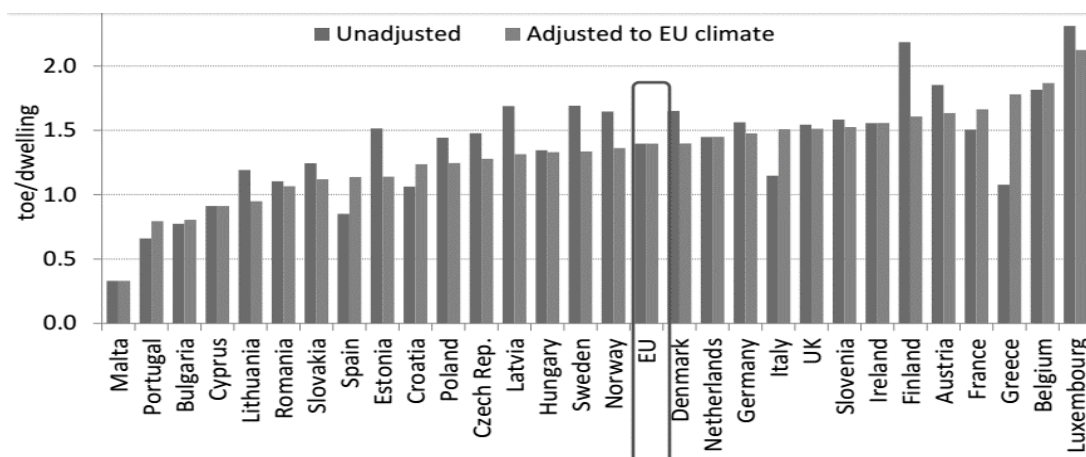


Figura 2.17 – Unidade de consumo por habitação, extraído de Odyssee, citado por (IEE, 2015, p. 25).

Em 2008, Lombard et al. refere que o consumo de energia das habitações está principalmente relacionado com o clima, projeto arquitetónico, sistemas de climatização e, por fim, com o poder económico dos ocupantes das habitações. Os autores mencionam também que o tamanho e a localização das habitações são elementos chave para consumo de energia, sendo que as habitações mais pequenas necessitam de menos energia, porque a sua área de transferência de calor, é menor. Atualmente procura-se criar uma simbiose entre as soluções construtivas das habitações e o próprio clima da localização onde estão implantadas. Isto é possível, através da integração de tecnologia inovadora (no interior da envolvente exterior), de modo a alterar as suas propriedades térmicas e, desta forma, ser possível uma adaptação ao clima, reduzindo as cargas térmicas impostas aos edifícios e consequente diminuição do consumo de energia. (PARK, SRUBAR III, & KRARTI, 2015)

Se se considerar dois países da UE, por exemplo Finlândia e Portugal, e se compararmos os consumos de energia por habitação, com base na Figura 2.17, verifica-se que as habitações na Finlândia consomem mais do dobro da energia do que em Portugal. Sendo pertinente levantar as seguintes questões:

- 1) O elevado consumo de energia nas habitações na Finlândia torna este país, comparativamente a Portugal, um país ineficiente energeticamente?
- 2) O consumo de energia das habitações em Portugal seria inferior, igual ou superior se Portugal possuísse o mesmo clima<sup>9</sup> que a Finlândia?

As respostas serão realizadas, de uma forma expedita, através de um dos conceitos mais fundamentais no comportamento higratérmico dos edifícios, nomeadamente o coeficiente de transmissão térmico<sup>10</sup> (U) da envolvente construída (quer sejam paredes exteriores, pavimentos,

<sup>9</sup> Clima subártico, classificação de Koppen. Temperaturas mínimas e máximas absolutas variam entre os -42 °C e os 31 °C, respetivamente, no Inverno e no Verão. (Finnish Meteorological Institute, 2015)

<sup>10</sup> Define-se como sendo uma medida da quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária de um elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que este separa.

coberturas ou vãos envidraçados), sendo que a envolvente construída deve ter qualidade para minimizar as trocas térmicas entre o interior e o exterior, tornando a habitação acolhedora e confortável.

Tendo em conta o Quadro 2.3, verifica-se claramente uma discrepância notória entre os valores de coeficiente de transmissão térmico entre os dois países. De acordo com a equação da temperatura superficial, quanto menor for o valor de U e a diferença entre as temperaturas, maior será a temperatura superficial, e consequentemente menor será o consumo de energia para manter uma temperatura de conforto térmico.

Quadro 2.3 - Valores de coeficiente de transmissão térmico médio da envolvente de Portugal e Finlândia. (IEE, 2014)

Coeficiente de transmissão térmico (W/m <sup>2</sup> .K)		
Envolvente	Portugal	Finlândia
Pavimento	1,95	0,41
Parede	1,44	0,43
Cobertura	2,58	0,29
Janelas	4,08	1,96

Desta forma, as respostas às questões anteriores são evidentes:

- 1) Finlândia é efetivamente um país eficiente energeticamente, por causa dos reduzidos valores de U.
- 2) Portugal apresentaria um consumo de energia superior à Finlândia, não fosse o clima, tendo em conta os elevados valores de U.

Estas respostas são facilmente sustentadas, pelo fato de Portugal deter uma alta taxa de excesso de mortalidade (cerca de 28%) no Inverno, devido à má qualidade do ar interior e à falta de isolamento das habitações. Países como a Finlândia e a Suécia, são considerados como países exemplares quanto à eficiência térmica no interior das habitações, onde a totalidade das habitações têm vidros duplos ou triplos e isolamento térmico nas coberturas, paredes e pisos, indo de encontro com o que se pretendeu demonstrar no exemplo anterior. (LUSA, 2009)

Cerca de 70% do parque habitacional português foi construído antes de 1990, sendo que desses, cerca de 45% foram construídos nas décadas de 60, 70 e 80 (rever Figura 2.4). Todavia, as soluções construtivas utilizadas no passado, antes de 1990, data da primeira publicação do RCCTE, apresentam uma deficiente qualidade térmica e energética, que se traduz, essencialmente, em envolventes com um isolamento térmico insatisfatório ou inexistente. A inadequada qualidade térmica da envolvente dos edifícios provoca a ocorrência de situações anómalas, designadamente as condensações superficiais, temperaturas ambientes excessivas ou reduzidas, a ventilação insuficiente ou excessiva, a ineficácia dos dispositivos de proteção solar dos vãos envidraçados. Tudo isto tem reflexos na qualidade de vida dos ocupantes, em termos de conforto ou em alguns casos de saúde. Adicionalmente, as instalações e os equipamentos mais antigos contribuíram ainda mais para um efeito negativo de consumo de energia destes edifícios.

Os consumos energéticos das habitações têm registado um crescimento significativo desde 2000, particularmente o consumo de eletricidade, assumindo um papel muito relevante no setor doméstico à medida que também se regista um aumento da aquisição de equipamentos consumidores de energia. A Figura 2.18 mostra a tendência do consumo médio de eletricidade<sup>11</sup> por habitação, em diferentes países. Em países como Finlândia, França, Suécia e Noruega, o uso da energia elétrica destina-se sobretudo ao aquecimento do espaço interior ou aquecimento de águas quentes sanitárias, enquanto que Portugal e Itália essas mesmas ações têm um peso significativamente menor.

Em Portugal, estima-se que o compartimento de serviço, isto é, a cozinha, apresenta a maior parcela de consumo de energia (40,5%), seguida dos equipamentos elétricos (32,9%) e depois a iluminação (13,6%). No entanto, consoante o tipo de uso, a fonte de energia dominante difere dado que na cozinha domina a utilização de eletricidade, enquanto no aquecimento de águas é predominantemente utilizado gás natural e em garrafa. Mais uma vez, se pode confirmar que existe uma “poupança” de energia, por parte dos portugueses, relativamente ao aquecimento e arrefecimento do ambiente no interior das habitações, correspondendo a cerca de 10,7%. Contudo, o consumo de fontes de energia renováveis (carvão vegetal, lenha e solar térmico) no sector doméstico representa cerca de 25% do consumo total de energia nos alojamentos, sendo a contribuição da lenha o fator mais revelante no que diz respeito ao aquecimento do ambiente. (INE, I.P & DGEG, 2011)

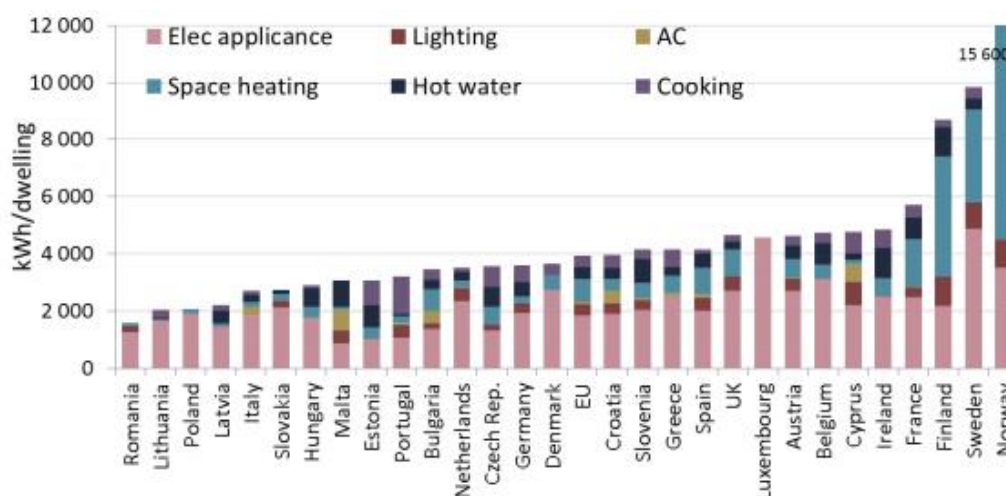


Figura 2.18 - Tendências do consumo médio de eletricidade por habitação em 2012, em diferentes países, extraído de Odysee, citado por (IEE, 2015, p. 29).

### 2.3.2 Principais anomalias que contribuem para a ineficiência energética nos edifícios existentes

No presente subcapítulo proceder-se-á a análise das principais anomalias que contribuem para a ineficiência energética que afetam os edifícios residenciais pertencentes ao parque edificado, por

<sup>11</sup> A partir de 2003 a eletricidade passou a ser a principal fonte de energia nos alojamentos, cerca de 99,9% dos alojamentos.

forma a desenvolver medidas futuras que possam contribuir de forma eficiente melhoramentos significativos no desempenho térmico e energético, por parte dos edifícios existentes.

#### **1. Características do edifício:**

- Isolamento térmico insuficiente nos elementos opacos da envolvente;
- Existência de pontes térmicas nas envolventes dos edifícios;
- Presença de humidade;
- Baixo desempenho de vãos envidraçados e portas, e consequentemente elevadas perdas de calor por transmissão térmica e por infiltrações de ar em excesso;
- Falta de proteções solares adequadas nos vãos envidraçados, proporcionando o sobreaquecimento no interior dos edifícios;
- Ventilação não-controlada, conduzindo a maiores necessidades energéticas de aquecimento (situação de Inverno) ou ventilação insuficiente, que origina maiores níveis de humidade relativa no Inverno (originando problemas de condensação) e sobreaquecimento no Verão (potenciando um baixo nível de qualidade do ar interior).

#### **2. Os consumos elevados de energia podem ainda dever-se a comportamentos inadequados dos habitantes, tais como:**

- A manutenção dos equipamentos elétricos de aquecimento/arrefecimento enquanto as janelas se encontram abertas;
- A climatização desnecessária dos espaços, levando a temperaturas demasiado elevadas no Inverno e demasiado baixas no Verão, no interior das habitações. (DGEG, 2004, p. 5)

##### **2.3.2.1 Fatores associados aos edifícios**

Tornar um edifício energeticamente eficiente, assenta na adoção de técnicas que visam reduzir os consumos energéticos do mesmo ao longo do seu ciclo de vida. Os edifícios residenciais serão energeticamente eficientes quando implantados num determinado ambiente e reduzam as “tensões” desfavoráveis e aproveitem todos os recursos naturais que favoreçam o conforto e o bem-estar dos ocupantes.

À luz desta realidade surge o conceito de arquitetura bioclimática que de uma forma generalista, “consiste em pensar e projetar um edifício tendo em conta toda a envolvência climatérica e características ambientais do local em que se insere” (LANHAM, GAMA, & BRAZ, 2004, p. 10). Assim, será possível otimizar o conforto ambiental no interior do edifício (o conforto térmico, luminoso, acústico, etc) utilizando apenas o design e os elementos arquitetónicos disponíveis. Moita (2013) cita que os princípios da arquitetura bioclimática “ensinam-nos inúmeras regras, muito eficazes e de aplicação muito simples (...) com vista à otimização térmica e ao aproveitamento racional de energia nos edifícios,

em detrimento da utilização de complicadas, dispendiosas e sempre predadoras de soluções mecânicas (...)" (p. 16).

A este respeito devem ser analisados os seguintes fatores:

### 1. Localização

Fatores como as condições climáticas<sup>12</sup> e topográficas no qual o edifício terá que se relacionar ao longo da sua vida útil, são elementos fundamentais para a implantação do edifício que deverão ser previamente reconhecidos e estudados antes da fase de implantação do edifício. (MOITA, 1987)

### 2. Forma e orientação

Além da localização do edifício, a forma dele, é um fator essencial a ter em conta, visto que tem implicações diretas no desempenho energético do edifício, designadamente nas suas perdas térmicas. Significa isto, que quanto mais compacta for a forma do edifício, com poucas saliências e reentrâncias, menor serão as perdas de calor. A Figura 2.19 mostra os valores das perdas térmicas ou ganhos térmicos (Q) para as diversas formas geométricas, todas com o mesmo volume (V=1), em que o coeficiente de forma é calculado a partir da seguinte forma:  $COF = \left( \frac{Área_{ext}}{Volume} \right)$

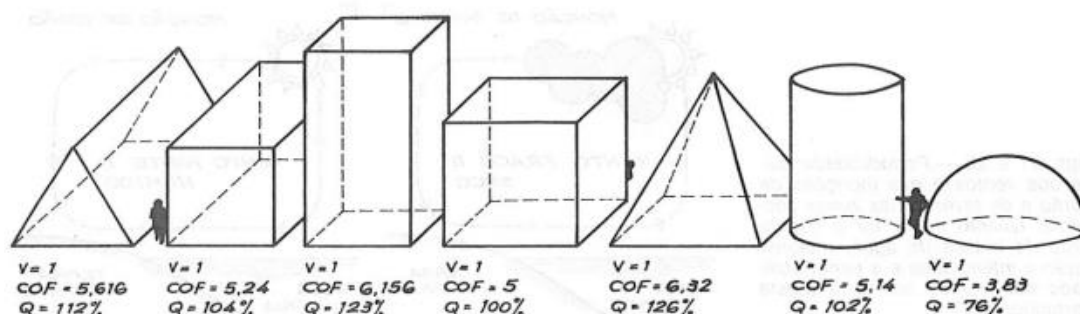


Figura 2.19 - Valores das perdas térmicas em função do coeficiente de forma. (MOITA, 1987, p. 40)

Através da análise das várias formas geométricas, a calote esférica apresenta-se como a forma mais otimizada. Do ponto de vista energético, o edifício deve ter um fator forma, ou uma relação superfície/volume baixa e o menor número de reentrâncias e saliências para ser eficiente do ponto de vista energético.

### 3. Orientação solar

O sol é uma fonte de calor de extrema importância, não só do ponto de vista energético (valores da radiação solar), mas também em termos da sua posição, ao longo do ano, para desta forma, melhor projetar o edifício. Apesar do sol ser uma fonte calor e interessar captar toda e qualquer energia

<sup>12</sup> Indicadores climáticos (a temperatura, a variabilidade pluviométrica, a radiação solar incidente, a direção e velocidade média do vento).

disponível, é preciso ter em conta dois cenários distintos, fundamentais para potenciar o nível da eficiência energética de um edifício.

- No Inverno interessa promover os ganhos de radiação solar, pelo que se apresenta benéfica a abertura de vãos envidraçados no quadrante Sul;
- No Verão interessa restringir esses mesmos ganhos, pelo que se apresenta importante que os vãos sejam dotados de dispositivos de sombreamento eficazes. Principalmente nos vãos a Poente e Nascente<sup>13</sup>. Nos quadrantes Norte, Nascente e Poente, seria desejável que a abertura de vãos se restrinja a menores dimensões, desde que isso seja aceitável em termos das outras exigências também presentes no edifício. (GONÇALVES & GRAÇA, 2004)

#### **4. Movimentos de ar, vento e brisa**

Os edifícios estão sujeitos a trocas de massa de ar entre o interior e o exterior, dependendo das diferenças de temperatura no caso de processos de ventilação natural, porém o vento, poderá influenciar também de forma significativa o desempenho energético dos edifícios, contribuindo também para a ventilação natural. Também neste caso é preciso ter em atenção à ação do vento (direções predominantes) que afetam os edifícios em causa e ter em atenção os dois cenários possíveis:

- No Inverno, normalmente a temperatura exterior apresenta valores abaixo das condições de conforto, interessando assim limitar as infiltrações de ar. Todavia, a renovação do ar interior é uma medida necessária à manutenção das condições de salubridade interior dos edifícios pelo que deve ser sempre assegurado um mínimo recomendável através de um sistema de ventilação, natural, mecânico, etc...
- No Verão, a ventilação natural assume um papel de relevo no arrefecimento noturno dos edifícios.

Em suma, hipoteticamente os edifícios deveriam ser construídos em locais protegidos dos ventos dominantes, com boa exposição solar, e de preferência próximo de grandes massas de ar, onde as oscilações de temperatura são menores. (GONÇALVES & GRAÇA, 2004)

Contudo, é evidente que no caso da reabilitação energética de edifícios existentes, os fatores associados aos edifícios dificilmente são aplicáveis com sucesso numa ação de reabilitação energética, por motivos óbvios, visto que estes fatores se integram fundamentalmente na fase de conceção do edifício, definido pelo projetista.

---

<sup>13</sup> Estas duas orientações são difíceis de valorizar, principalmente durante o verão a entrada de radiação é difícil de controlar, uma vez que se faz quase perpendicularmente às janelas.

### 2.3.2.2 Fatores associados à qualidade térmica da envolvente dos edifícios

Além dos fatores referidos anteriormente, destacam-se sobretudo, os materiais e os sistemas construtivos que constituem a envolvente dos edifícios e por sua vez destinam-se a proporcionar ambientes interiores salubres e confortáveis. Tecnicamente, define-se envolvente como sendo “o conjunto de elementos de construção do edifício ou fração, compreendendo as paredes, pavimentos, coberturas e vãos, que separam o espaço interior útil<sup>14</sup> do ambiente exterior, dos edifícios ou frações adjacentes dos espaços não úteis<sup>15</sup>.” É através desta mesma envolvente do edifício que se dá a transmissão de calor entre o ambiente interior da habitação e o exterior, em três meios: a condução, a convecção e a radiação. (HENRIQUES, 2011; DECRETO-LEI N.º 118/2013, 2013)

Em termos de requisitos térmicos, a envolvente pode ser dividida conforme o novo regulamento (REH).

Quadro 2.4 - Tipos de envolvente e os seus requisitos térmicos. (DECRETO-LEI N.º 118/2013, 2013)

Tipo de envolvente	Requisitos Térmicos
Exterior	Há requisitos
Interior	Com requisitos de interior
	Com requisitos de exterior
Sem requisitos	Não há requisitos

No que se refere à envolvente exterior, esta pode ser dividida em duas zonas distintas: a zona corrente, onde se admite que a transferência de calor é unidirecional e a resistência térmica do elemento construtivo é constante, independentemente da variação do tempo<sup>16</sup>, isto é, assume-se um elemento de construção em que duas das suas dimensões sejam substancialmente maiores do que a terceira para que o regime seja considerado unidirecional; e a zona de pontes térmicas, onde a transferência de calor é bi ou tridimensional e cujas perdas de calor são maiores em relação às restantes áreas dos elementos da envolvente. (HENRIQUES, 2011)

---

<sup>14</sup> Espaço com condições de referência no âmbito do REH, ou seja, espaços aquecidos ou arrefecidos de forma a manter a temperatura interior de referência de conforto térmico.

<sup>15</sup> Por oposição um espaço não útil define-se como sendo o conjunto de locais fechados, fortemente ventilados ou não, que não se encontram englobados na definição de área útil do pavimento e que não se destinam à ocupação humana em termos permanentes e, portanto, não são climatizados ou em caso contrário têm um padrão de climatização diferente da habitação.

<sup>16</sup> Regime permanente.

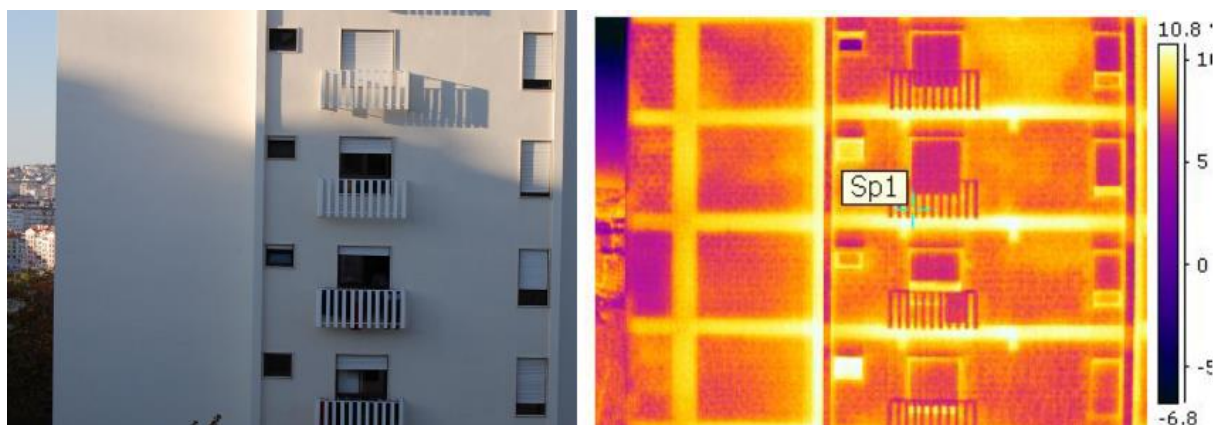


Figura 2.20 - Identificação da envolvente exterior: Zona corrente e pontes térmicas. (AELENEI, 2010)

Define-se pontes térmicas como sendo zonas de heterogeneidade<sup>17</sup> inseridas em zona corrente da envolvente, como por exemplo vigas, caixa de estores, pilares, caleiras, vigas na cobertura ou pavimento. Também podem ocorrer pontes térmicas na intersecção de paredes interiores com paredes exteriores, porque as superfícies internas nesses pontos têm menores áreas que as superfícies externas correspondentes, permitindo assim um maior fluxo. Este fenómeno proporciona diretamente um aumento do consumo de energia para aquecimento, aliado a possíveis danos na envolvente do edifício, reduzindo a sua durabilidade. No norte da Europa a correção das pontes térmicas é uma questão obrigatória do ponto de vista económico e ambiental. (EVOLA, MARGANI, & MARLETTA, 2011)

### 1. Isolamento térmico

A colocação de um correto isolamento térmico numa ação de reabilitação da envolvente do edifício proporciona sempre benefícios, quer do ponto de vista económico (pela diminuição do consumo energético para aquecimento ou arrefecimento do espaço interior e consequentemente na despesa do consumo de energia), quer ambiental (na redução das emissões de CO<sub>2</sub>). (SARBU & SEBARCHIEVICI, 2011)

O principal objetivo do uso do isolamento térmico nos edifícios é garantir a temperatura adequada não só do ar, mas, também, das paredes, dos pavimentos e dos tetos, como forma a minimizar as trocas térmicas excessivas entre o interior da habitação e o exterior – evitando portanto, perdas de calor na estação fria e o sobreaquecimento na estação quente. Outro benefício no uso eficiente do isolamento térmico é a prevenção de problemas e defeitos ligados a presença de humidade de condensação (isto é, a formação de bolores e manchas escuras). (DGEG, 2004; SARBU & SEBARCHIEVICI, 2011)

---

<sup>17</sup> A zona de heterogeneidade na envolvente resulta de alterações na espessura do elemento, diferenças entre áreas internas e externas e transição entre materiais com diferentes condutibilidades térmica.



Sousa (2002) refere que a principal anomalia que afeta os edifícios habitacionais pertencentes ao parque edificado se deve a problemas de estanquidade, seguindo um pouco em conformidade com as necessidades de reparação (rever Figura 2.8). Associado a este problema de estanquidade surgem outras anomalias, designadamente anomalias relacionadas com humidades. De acordo com Henriques (2011), à medida que o teor de água aumenta no interior dos materiais, maior será a sua condutibilidade térmica<sup>18</sup> e consequentemente menor é a resistência térmica do material construtivo.

Não obstante esta situação, a humidade decorrente do uso habitual dos espaços, associada à fraca ventilação dos mesmos, promove o aumento da humidade ambiente e o desenvolvimento de bolores e fungos, tendo repercussões negativas para a saúde dos ocupantes, “especialmente quando o edifício em causa apresenta insuficiente isolamento térmico e más condições de aquecimento nos períodos frios” (PAIVA, AGUIAR, & PINHO, 2006, p. 388). Assim, o uso eficiente do isolamento térmico surge como uma resposta eficaz no reforço térmico da envolvente opaca, desde que a sua colocação seja executada de forma contínua, eliminando as tão indesejadas pontes térmicas, cujo fluxo de calor é maior.

De uma forma gradual, com base em sucessivos casos de estudo, em países com um clima mediterrâneo como, a Itália, a Grécia, a Espanha, constatou-se que a colocação de isolamento térmico de forma contínua diminui significativamente as necessidades de aquecimento e previne eventuais problemas de condensações. Todavia, comparativamente aos países situados no norte da Europa, a correção das pontes térmicas, não são uma forma rentável do ponto vista económico, muitas vezes menos prezada aquando ações de reabilitação energética. (DGEG, 2004; EVOLA, MARGANI, & MARLETTA, 2011)

## **2. Inércia térmica**

Trata-se de um fator importante no comportamento térmico do edifício que se caracteriza de um modo simples como a sua capacidade em absorver calor e a velocidade a que o liberta, traduzindo-se em dois fenómenos: atraso térmico (ou desfaseamento) das ondas de calor e redução da amplitude térmica entre as ações térmicas exteriores e interiores do edifício.

A capacidade térmica ( $C_i$ ) ou capacidade calorífica é a grandeza física que determina a quantidade de calor que é necessário fornecer a um corpo para produzir neste uma determinada variação de temperatura, ou seja, a capacidade do corpo armazenar calor. (ÇENHEL & BOLES, 2006) Esta grandeza é proporcional à quantidade de material presente no corpo, e não a substância que o constitui, ou seja, duas pedras ou dois tijolos (apresentando a mesma substância), mas com diferentes massas possuem capacidades térmicas diferentes.

---

<sup>18</sup> Define-se condutibilidade térmica ( $\lambda$ ) como sendo a propriedade que caracteriza os materiais termicamente homogêneos e que representa a quantidade de calor  $Q$  transmitida através de uma espessura  $L$ , numa direção normal à superfície de área  $A$ , devido a uma variação de temperatura  $\Delta T$ , sob condições de estado fixo e quando a transferência de calor é dependente apenas da variação de temperatura, expresso em  $W/m \cdot ^\circ C$ , ou seja, basicamente é a capacidade de um material em conduzir calor.

A capacidade térmica de um sistema construtivo de um edifício depende da existência e posição de uma camada de isolamento térmico, resistência térmica do elemento superficial e da localização do sistema construtivo no edifício. Desta forma, o uso de isolamento térmico pelo exterior assim como um maior número de camadas com diferentes propriedades térmicas conduz, de igual forma, a um maior atraso térmico conferindo maior conforto, de Verão evita o sobreaquecimento e de Inverno mantém o aquecimento no interior. (AL-SANEA, ZEDAN, & AL-HUSSAIN, 2012; BAGLIVO, MARIA CONGELIO, FAZIO, & LAFORGIA, 2014)

### **3. Vãos envidraçados**

A envolvente translúcida é constituída pelos vãos envidraçados, os quais podem ser horizontais ou verticais. A envolvente translúcida pode ser responsável por cerca de 50% das necessidades térmicas associadas às trocas de calor pela envolvente, dependendo do tipo de edifício e da área da envolvente ocupada pelos envidraçados. Usualmente, os vãos envidraçados do tipo janela, são constituídos pela caixilharia e pelo vidro, sendo estes indispensáveis num edifício, por razões óbvias, pois permitem a entrada de luz natural, fundamental ao conforto humano, assistindo-se cada vez mais, atualmente, a um progressivo aumento das áreas envidraçadas das construções, que em alguns edifícios recentes pode corresponder à totalidade de uma ou mais fachadas ou da cobertura. (PINTO, 2010)

O insuficiente desempenho térmico dos envidraçados deve-se fundamentalmente a trocas de calor excessivas com o exterior, sendo que essas trocas de calor são essencialmente por condução, proporcionando perdas de calor no Inverno (estação de arrefecimento) e ganhos solares no Verão (de sobreaquecimento). O mau desempenho térmico dos envidraçados é consequência direta das propriedades térmicas dos mesmos entre outros aspetos, listam-se de seguida as principais causas da ineficiência energética dos vãos envidraçados:

#### **3.1. Propriedades térmicas dos envidraçados:**

- Coeficiente de transmissão térmica,  $U_w$ ,  $U_{wdn}$ ;
- Ganhos solares pelos envidraçados (fator solar,  $g$ );
- Transmissão luminosa do envidraçado (transmitância luminosa,  $\tau$ );
- Condução de calor pelos elementos de enquadramento do vão (coeficiente de transmissão linear,  $\Psi$ ); (PINTO, 2010; GASPARELLA, PERNIGOTTO, CAPPELLETTI, ROMAGNONI, & BAGGIO, 2011)

#### **3.2. Infiltrações de ar: permeabilidade do ar excessiva da caixilharia;**

- Caixilho sem perfis de vedação ou com vedantes degradados e que não colmatam as folgas das juntas;
- Caixilho com fendas não vedadas nas juntas entre perfis;
- Caixilho com folgas significativas na junta móvel;
- Caixilho com perfis empenados;
- Fendas ou juntas abertas no enquadramento do vão e caixas de estores;

- Caixilho com perfis de fraca resistência mecânica (muito deformáveis);

### **3.3. Controlo solar insuficiente/inadequado:**

- Caixilhos horizontais e verticais com exposição no quadrante Sul (Este e Oeste) cuja proteção solar não permita cumprir os valores máximos;
- Envidraçados de controlo solar (baixa transmitância visível) aplicados em vãos expostos no quadrante Norte;
- Inexistência ou deficiente de sistemas de sombreamento, como forma de controlar os ganhos solares e a admissão de luz natural, para reduzir os problemas de sobreaquecimento e de conforto visual. (PINTO, 2010, pp. 175-184)

De acordo com Gasparella et al. (2011) é necessário ter em conta as especificidades da estação de arrefecimento, aquecimento e de eventuais picos que surjam. Logo, os parâmetros de qualidade térmica dos vãos envidraçados, bem como os seus dispositivos de proteção, devem ser analisados caso a caso, em função da zona climática, onde o edifício se encontra localizado, do tipo de ocupação do espaço, dos sistemas de climatização, assegurando a adequação dos seus parâmetros às necessidades do edifício em causa.

## **4. Ventilação natural**

A ventilação de um edifício pode ser obtida através de meios naturais ou com auxílio de meios mecânicos. A ventilação natural é o fluxo de ar produzido pelos diferenciais de temperatura e pressão existentes em janelas, portas ou qualquer outra passagem com comunicação entre o exterior e interior do edifício. (ALLARD, 2002)

A utilização corrente das habitações inclui atividades de que resultam substâncias poluentes, entre as quais se destacam, o vapor de água, o monóxido de carbono e odores, resultantes da atividade fisiológica humana, da combustão nos aparelhos domésticos, da utilização das instalações sanitárias entre outras atividades. Deste modo, a ventilação das habitações deve ser em geral permanente, mesmo quando a temperatura exterior obriga a manter as janelas fechadas. Para tal acontecer, é necessário prever aberturas, quer na envolvente do edifício quer através dos limites internos dos diversos espaços, funcionando em permanência para que haja admissão de ar limpo do exterior e exaustão do ar “poluído”. Só assim, a habitação será adequada à permanência das pessoas e também à realização das diversas atividades. (VIEGAS, 1996; ALLARD, 2002)

Com o aumento da qualidade na construção, designadamente da qualidade da caixilharia, as infiltrações pela envolvente exterior são cada vez mais reduzidas e por sua vez conduz a uma fraca qualidade de ar interior, podendo induzir ao aparecimento de anomalias. Segundo Henriques (2007), quando a humidade relativa do ar é elevada e as condições de ventilação são insuficientes, para além de causar desconforto aos ocupantes da habitação, devido aos seus efeitos negativos na qualidade do

ar e na higiene do ambiente interior, são frequentes a ocorrência de condensações em locais cuja temperatura superficial se encontre abaixo do respetivo ponto de orvalho<sup>19</sup>.

O principal objetivo da ventilação é sem dúvida de promover a salubridade do ar que os ocupantes do edifício respiram, porém com o surgimento da noção de poupança energética na estratégia de climatização dos edifícios, começou a ser considerada como estratégia alternativa aos sistemas mecânicos. Nesse sentido, a ventilação passou a ser utilizada para manter as temperaturas da habitação dentro de valores confortáveis na estação mais quente, pois o movimento do ar acelera a dissipação de calor acumulada nas paredes, nas coberturas e pavimentos pelo fenómeno de convecção, retirando maior partido especialmente, nas noites de verão quando o ar torna-se mais fresco.

Silva J. M. (2012) concluiu que os fatores mais condicionantes no processo de ventilação natural, do ponto de vista de eficiência energética, são a temperatura exterior e a velocidade do vento. A rugosidade do terreno também é um fator que altera significativamente o desempenho energético de um edifício, no entanto é um fator quase impossível de contornar. A mesma fonte menciona que não existe uma estratégia de ventilação que seja adequada para todos os edifícios, todavia, existe uma estratégia para cada habitação mediante a conjugação dos diversos fatores, melhorando o desempenho energético da habitação.

### **2.3.2.3 Fatores associados aos sistemas e instalações**

Em Portugal, até meados da década de 80 era pouco frequente a instalação de sistema de climatização em edifícios, essencialmente de aquecimento, atendendo à amenidade do clima português, daí o baixo consumo de energia, quando comparado com outros países da UE. No entanto, a instalação de sistemas do ambiente interior em edifícios habitacionais tem crescido nos últimos anos.

Como se viu anteriormente grande parte do consumo de energia no sector doméstico está associado à climatização do espaço interior (aquecimento e/ou arrefecimento), o aquecimento de águas sanitárias (AQS), iluminação e aparelhos eletrónicos.

## **1. Sistemas de climatização: aquecimento e arrefecimento**

Os sistemas de climatização nos edifícios têm um papel fundamental nas habitações, visto que se destinam a criar condições satisfatórias de conforto térmico. A utilização exaustiva destes sistemas acarretam graves consequências, não só por serem responsáveis pelos elevados consumos de energia, e consequentemente responsáveis por uma parte significativa da fatura energética da habitação, mas também pelas emissões de gases poluentes emitidos para a atmosfera.

---

<sup>19</sup> Ponto de orvalho designa a temperatura à qual o vapor de água presente no ar ambiente passa ao estado líquido na forma de pequenas gotas, tendo em conta a temperatura e humidade relativa a que o ar realmente se encontra.

As principais anomalias observadas nestes sistemas estão associadas ao fato de não ter sido prevista a sua instalação na fase de projeto dos edifícios, motivando à utilização de equipamentos portáteis e ao recurso a unidade de ar condicionado instaladas nas fachadas dos edifícios, que degradam a imagem dos mesmos e por vezes promovem a falhas de estanquicidade. De seguida, mencionam-se as principais anomalias:

- Correção artificial de uma inadequada qualidade térmica da envolvente;
- Potência térmica dos equipamentos desajustada às necessidades de aquecimento e arrefecimento;
- Baixo rendimento energético dos equipamentos;
- Distribuição de calor/frio inadequada tanto nos compartimentos como no fração;
- Inadequada regulação dos sistemas de climatização. (PAIVA, AGUIAR, & PINHO, 2006, pp. 461-462)

Em suma, a ineficiência energética de um sistema climatização de um edifício atinge o nível mais elevado, quanto maior for o consumo de energia para manter as condições de conforto térmico, de modo a proporcionar o bem-estar das pessoas.

## **2. Iluminação natural e artificial**

A iluminação constitui um dos fatores primordiais na criação de um ambiente laboral ou de lazer influenciando a produtividade, a saúde e o bem-estar dos seus ocupantes.

Face à atual preocupação ambiental e energética, deve ser dada prioridade à iluminação natural, visto que a luz natural é a forma mais fácil e menos dispendiosa de iluminar um espaço, porém no caso da reabilitação torna-se por vezes difícil de corrigir erros que já advêm do projeto de arquitetura.

As principais causas relacionadas com a falta de iluminação natural são:

- Orientação solar inadequada dos espaços de permanência de pessoas, eventuais erros no projeto de arquitetura;
- Topografia do terreno;
- Utilização de cores escuras no interior das habitações, dificultando a refletividade da luz solar.

Relativamente aos motivos que levam ao uso abusivo da iluminação artificial são os seguintes:

- Níveis de iluminação desadequados;
- Desadequada distribuição espaço-funcional da iluminação artificial;
- Lâmpadas e luminárias pouco eficazes;
- Desadequação dos sistemas de controlo;
- Desadequada articulação com a iluminação natural. (SANTOS, 2010, pp. 26-27)





### **3. ENQUADRAMENTO LEGAL: CONTEXTO NA UE E EM PORTUGAL FACE AO PROTOCOLO DE QUIOTO, AO PACOTE ENERGIA-CLIMA 20.20.20 E À DIRETIVA EPBD**

A qualidade de vida das pessoas no interior das suas habitações reflete-se no conforto térmico do parque habitacional edificado, no estado de conservação dos edifícios, na eficácia energética destes e nos custos energéticos associados. No entanto, como se constatou anteriormente, o consumo desnecessário de energia conduz a fortes impactos no meio ambiente, cuja preocupação é cada vez maior nos dias de hoje.

#### **3.1 Protocolo de Quioto**

O protocolo de Quioto surge como uma tentativa de diminuir o impacto negativo da poluição na atmosfera, através da redução de emissão de gases que provocam o efeito de estufa. Porém, é somente no ano de 1997, com a integração do Protocolo de Quioto ao tratado internacional inicialmente concebido em 1992 - United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), em que este novo protocolo constitui um passo em frente e importante na luta contra o aquecimento planetário, pois contém objetivos vinculativos e quantificados de limitação e redução dos gases com efeito de estufa, ao contrário do que estabelecia o tratado original (ADENE, 2013). O Protocolo de Quioto visa de uma forma geral promover o desenvolvimento sustentável, em particular: o aumento da eficiência energética, a promoção de formas sustentáveis de agricultura, a eliminação de imperfeições no mercado, a promoção de sumidouros e por fim a promoção de políticas e medidas que reduzam as emissões de GEE, não esquecendo a forte importância dos compromissos quantificados de limitação e redução dos GEE.

O Protocolo de Quioto ganhou mais projeção em 2005, após a assinatura de um número suficiente de países, que em conjunto fossem responsáveis por 55% das emissões dos países industrializados (ADENE, 2013). Os países signatários devem cooperar entre si, tendo em conta diversas ações e obrigações apresentadas de seguida:

- O protocolo obriga o conjunto de países industrializados, entre 2008 e 2012, a reduzirem em 5,2% as suas emissões, em comparação com as emissões do ano de base – 1990. De acordo com a mesma fonte, esta redução é diferenciada para cada país, sendo que as mesmas podem variar entre os -8% até aos +10%, face ao ano de 1990;
- Os países signatários devem também conceber políticas e medidas nacionais para diminuir as Alterações Climáticas, as quais podem ou não, ser coordenadas internacionalmente com outros países signatários;
- As partes envolvidas têm de progredir na implementação de programas nacionais sobre inventários entre todas as partes, isto é, países desenvolvidos e em desenvolvimento;
- O protocolo implica a obrigação da publicação de relatórios anuais da implementação das obrigações por cada país. (LACASTA & BARATA, 1999; DIRECTIVA 2002/358/CE)

O Protocolo de Quioto estabelece que a UE, como um todo, está obrigada a uma redução das emissões de GEE de 8% em relação às verificadas em 1990. No acordo de partilha de



responsabilidades a nível comunitário ficou estabelecido que Portugal poderia aumentar as suas emissões em 27% em relação a 1990, não podendo exceder no período 2008-2012 os 381,94 milhões de toneladas de equivalentes de CO<sub>2</sub> (Mt CO<sub>2e</sub>), representando um valor médio anual de 76,39 Mt CO<sub>2e</sub>. (APA, 2008; 2014)

O cumprimento dos objetivos nacionais em matéria de alterações climáticas no âmbito do Protocolo de Quioto baseia-se nos seguintes instrumentos fundamentais:

- O Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), [aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros nº 104/2006, de 23 de Agosto], reúne “um conjunto de políticas e medidas de aplicação a diversos sectores da economia portuguesa através das quais se visa o cumprimento do Protocolo de Quioto, que se organizam em dois tipos: políticas e medidas de referência (MR) e políticas e medidas adicionais (MA)” de modo a minimizar as emissões de gases com efeito de estufa; No entanto, o presente programa foi alterado pela Resolução de Ministros nº1/2008, de 4 de Janeiro, denominando-se por “Novas Metas2007” com o objetivo de reforçar as metas de algumas medidas congregadas no PNAC-2006, como forma de orientar ou controlar os GEE, no período compreendido entre 2008 a 2012.
- O Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão para o período 2008-2012 (PNALE II) que define as condições a que ficam sujeitas as instalações abrangidas pelo comércio europeu de licenças de emissão de gases com efeito de estufa (CELE);
- O Fundo Português de Carbono (FPC), criado pelo Decreto-Lei nº. 71/2006, de 24 de Março, é instrumento financeiro que visa o cumprimento das metas nacionais em matéria de alterações climáticas, através da obtenção de créditos de emissão de GEE gerados no âmbito dos mecanismos de flexibilidade do Protocolo de Quioto;
- A Estratégia Nacional de Adaptação as Alterações Climáticas (ENAA), atualmente designado por ENAA2020 está estruturada sob os seguintes objetivos: informação e conhecimento; reduzir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade de resposta; participar, sensibilizar e divulgar; cooperar a nível internacional. (APA, 2012; SANTOS, et al., 2015)

### **3.2 Pacote Energia Clima 20.20.20**

O Pacote de Energia Clima 20.20.20 constituiu um dos cinco objetivos definidos pela UE, para a criação de uma estratégia de crescimento inteligente, sustentável e inclusivo (iniciada em 2010), denominada por Estratégia “Europa 2020”. Foi a forma encontrada pela Europa para promover o seu crescimento e a sua competitividade, face aos efeitos negativos provocados pela crise económica mundial. É nesta perspetiva que a Europa tenciona se organizar para um futuro a curto e médio prazo. (EUROPEIA, 2012)

Este pacote visa tornar a UE eficiente em termos de recursos, isto é, pretende alterar o padrão atual de crescimento económico, fortemente dependente da utilização de recursos não renováveis, através da promoção ou incentivo da eficiência energética. Além disso, a UE pretende sustentar a

transição para uma economia com baixas emissões de carbono, associada obviamente à utilização de fontes de energia renováveis. Na sequência deste pacote, cada país da UE, adotou os seus próprios objetivos nacionais nesta matéria, como se apresenta na Figura 3.1. A transposição para a legislação portuguesa foi feita através de várias resoluções:

- Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, que estabelece uma Estratégia Nacional para a Energia com o horizonte de 2020 (ENE 2020):
  - Reduzir a dependência energética do país face ao exterior para 74% em 2020 (...)
  - Garantir o cumprimento dos compromissos assumidos por Portugal no contexto das políticas europeias de combate às alterações climáticas (...)
  - Reduzir em 25% o saldo importador energético (...)
  - Criar riqueza e consolidar um cluster energético no sector das energias renováveis (...)
  - Desenvolver um cluster industrial associado à promoção da eficiente energética (...)
  - Promover o desenvolvimento sustentável criando condições para o cumprimento das metas de redução de emissões (...) (RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS n.º 29/2010, 2010)
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2010, que formaliza o início do desenvolvimento do Roteiro Nacional de Baixo Carbono 2020 (RNBC 2020), os respetivos planos setoriais de baixo carbono para cada Ministério, e o Programa Nacional para as Alterações Climáticas para o período 2013-2020 (PNAC 2020);
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011, que aprovou o Programa de Eficiência na Administração Pública (ECOAP), destinado aos serviços e organismos da administração direta e indireta do Estado.

De seguida, apresentam-se as metas da UE para 2020 e as metas para Portugal.

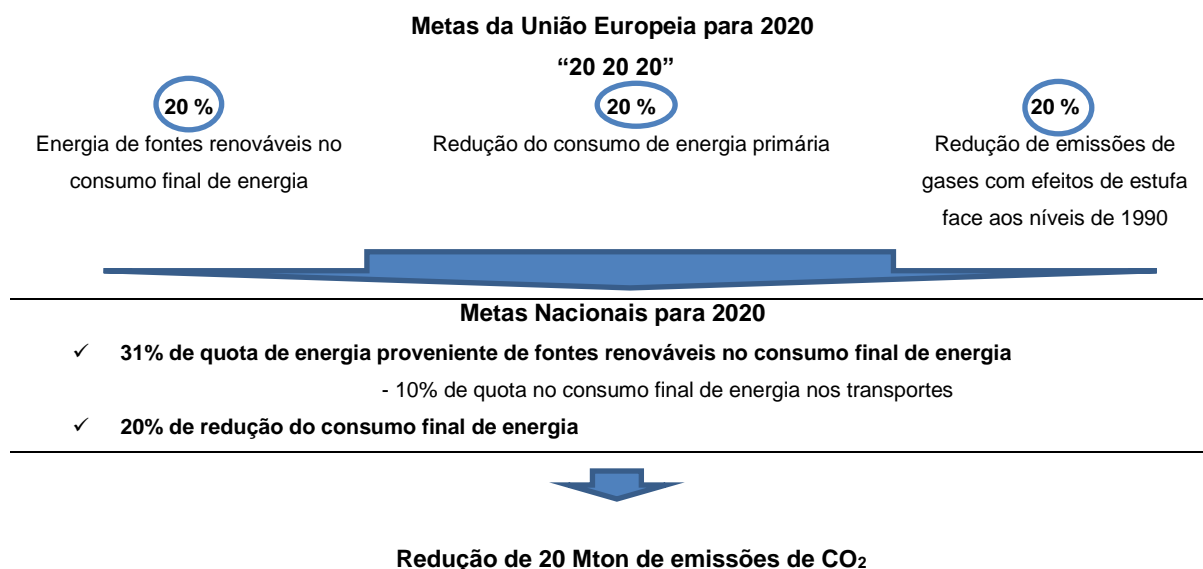


Figura 3.1 - Metas para a UE e Metas Nacionais para 2020. (SILVÉRIO, 2011, p. 6)

Para um país como Portugal, sem recursos endógenos fósseis (petróleo, gás e carvão), estas metas nacionais não só conduzem em melhorias ambientais significativas, mas também poderão criar fontes de rendimento e de emprego em novas atividades económicas, mais exigentes em termos de competências e qualificações, contribuindo assim para o aumento da competitividade do país e a promoção de novas oportunidades de emprego.

### 3.3 Diretivas EPBD e o Sistema de Certificação Energética em Portugal

Reduzir o consumo de energia e eliminar o desperdício estão entre os principais objetivos da UE. O apoio da UE para melhorar a eficiência energética será decisivo para a competitividade, a segurança do abastecimento e para o cumprimento dos compromissos em matéria de alterações climáticas feitas no âmbito do protocolo de Quioto. Há um potencial significativo de redução do consumo com medidas rentáveis. Com 40% da energia ser consumida nos edifícios, a UE introduziu legislação para assegurar a redução do seu consumo.

Na Figura 3.2 esquematiza-se a evolução legal em matéria da eficiência energética em Portugal.

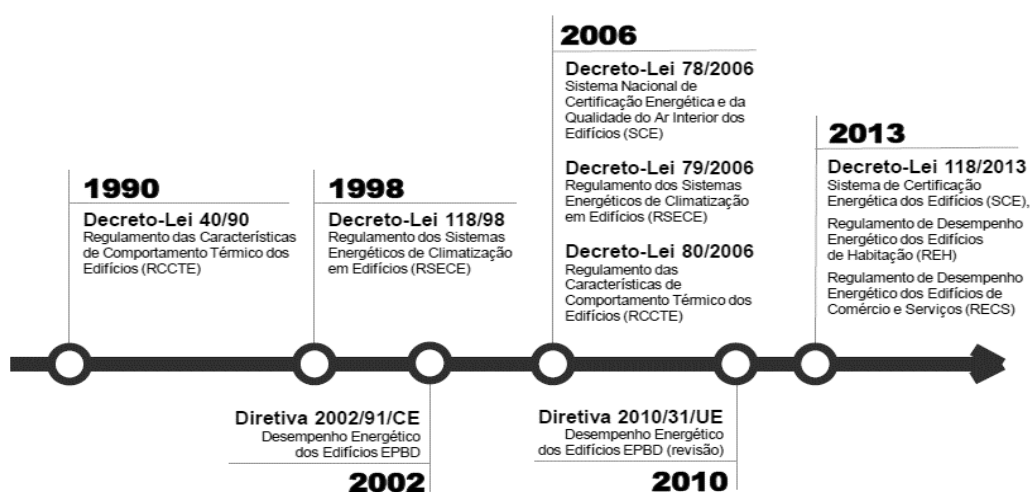


Figura 3.2 - Evolução da legislação em Portugal. (PASSOS, 2012)

Só a partir dos anos 90, surgiu pela primeira vez em Portugal, o primeiro instrumento legal que regulamentava o RCCTE. Este regulamento visava conservar a energia nos edifícios de habitação, melhorando assim as condições de salubridade, de higiene e de conforto, condições essas que eram extremamente precárias até à data em causa. Também tinha como objetivo diminuir o consumo e potência da energia para o conforto térmico (aquecimento e arrefecimento) e para o conforto visual (iluminação) (DECRETO-LEI n.º 40/90). No entanto, a chave do sucesso deste regulamento estava na sua aplicação na fase de licenciamento, sucedendo assim à possibilidade da auditoria energética e de ações de fiscalização ao nível do projeto, porém este instrumento legal teve um impacto quase nulo, justificando que na sua maioria das vezes era “desprezado” pelos projetistas, (Botelho Patrícia, comunicação pessoal, 28 de Abril, 2015).

Após 5 anos surge e é aprovado o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), pelo Decreto-Lei 118/98 de 7 de Maio, destinado a edifícios não residenciais. Com base em novas premissas elevou-se o quanto possível os níveis de qualidade térmica e de exigência energética dos edifícios face ao RCCTE, aprovado pelo Decreto-Lei nº. 40/90, de 6 de Fevereiro.

Todavia, o problema da qualidade térmica e da eficiência energética dos edifícios não se restringe somente ao nosso país, mas também inquieta outros países. Partindo do conhecimento que os edifícios representam cerca de 40% do consumo de energia total na UE, o Parlamento Europeu e o

Conselho da União Europeia decidiu publicar pela primeira vez, em 2002, a Directiva 2002/91/CE, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Esta diretiva surge como resposta ao compromisso estabelecido no Protocolo de Quioto de redução das emissões de gases de efeito de estufa, mas também, diminuir a dependência energética externa da UE, e assim evitar que esta alcance os 70% em 2020, obrigando os Estados-Membros a tomar medidas de poupança. (EUROPEIA, 2000)

Portanto, a diretiva estabelece que os Estados-Membros da UE devem implementar um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios (apresentado através do Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior (CE)), aquando do pedido de licença de utilização dos edifícios novos e no momento da venda ou arrendamento de edifícios existentes, exigindo também que o sistema de certificação abranja igualmente todos os grandes edifícios públicos e edifícios habitacionais.

Os resultados da transposição da Diretiva 2002/91/CE EPBD em Portugal foi realizada através do Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, resumindo-se fundamentalmente em três vertentes:

- A criação do Sistema Nacional de Certificação Energética dos Edifícios e da Qualidade do Ar no Interior dos Edifícios<sup>20</sup> (SCE);
- Assegurar a aplicação regulamentar do vetor “energia” e desempenho energético nos edifícios, ou seja assegurar a aplicação regulamentar relativamente às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia da qualidade do ar interior, segundo as exigências e disposições contidas no RCCTE e no RSECE;
- Identificação do potencial de melhoria do edificado e suporte à implementação de estratégias.

Desta forma, o SCE<sup>21</sup>, conjuntamente RSECE, revisto através do Decreto-Lei n.º 79/2006, aplicável neste âmbito aos edifícios de serviço, e o RCCTE, revisto de acordo com o Decreto-Lei n.º 80/2006, aplicável neste âmbito aos edifícios de habitação, constituem os alicerces da política nacional no âmbito do desempenho energético dos edifícios.

Logicamente que o resultado da aplicação da Diretiva 2002/91/CE EPBD, em Portugal, originou uma profunda reflexão sobre a questão da eficiência energética nos edifícios, porque substituiu a antiga regulamentação (a de 1998) por uma mais adequada às nossas atuais necessidades, ou seja, mais ambiciosa, em que os objetivos, para além da eficiência energética, englobassem também a qualidade do ar, todavia o maior impacto deveu-se sobretudo ao aparecimento do CE.

O CE tem uma validade máxima de 10 anos, é emitido por Peritos Qualificados (PQ). Este documento é basicamente o reflexo ou a face visível da aplicação dos regulamentos legais (RCCTE e

---

<sup>20</sup> Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (em 2006).

<sup>21</sup> A gestão do SCE é atribuída à Agência para a Energia (ADENE).

RSECE), no qual se pode encontrar e destacar três informações fundamentais. A primeira informação relevante acerca do CE é a classe energética do imóvel em causa, sendo que essa classe energética segue uma escala pré-definida de 9 classes (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético, e a classe G corresponde a um edifício de pior desempenho energético. Convém, realçar nos edifícios novos (com pedido de licença de construção após entrada em vigor do SCE), as classes energéticas variam apenas entre as classes A+ e B- e os edifícios existentes podem ter qualquer classe. (ADENE, 2013) A segunda informação que se destaca do CE, corresponde à análise dos elementos construtivos como paredes, coberturas, pavimentos, janelas entre outros fatores, bem como a análise da eficiência dos eventuais equipamentos usados na climatização e no aquecimento de água e também na análise do aproveitamento das energias renováveis, que caracterizaram as necessidades de energia estimadas para o aquecimento, arrefecimento e águas quentes sanitárias. Estas informações são pouco “relevantes” para o comum consumidor<sup>22</sup>, contudo fundamentais para os técnicos (PQ). Por último, a informação que apresenta uma mais valia identificada no CE refere-se à identificação das medidas ou soluções que promovam melhorias da eficiência energética, do conforto e por sua vez reduzam os custos com a energia, (ADENE, 2012).

A aplicação da Diretiva 2002/91/CE atingiu em Portugal um estado de maturidade. O seu campo de implementação teve início em 2007, com base em três decretos publicados em 2006, que foram recentemente revistos para transpor os requisitos mais rigorosos de reformulação da Diretiva 2010/31/UE: Relativa ao desempenho energéticos dos edifícios (Reformulação), esta fortemente sustentada na vasta experiência adquirida ao longo dos últimos 5 anos (SANTOS, MATEUS, & FRAGOSO, 2013). O surgimento da nova diretiva pretende simplificar, clarificar e reforçar determinadas disposições, presentes na antiga diretiva, fortalecendo ainda mais o aproveitamento do potencial de redução do custo operacional dos edifícios e o aumento da eficiência energética na UE. Também estabelece requisitos para as metodologias de cálculo e aplicação de requisitos mínimos do desempenho energético dos edifícios, estabelece requisitos mínimos aos planos nacionais para aumentar o número de edifícios de necessidades de energia quase nulas<sup>23</sup>, requisitos à certificação energética dos edifícios, à inspeção das instalações de aquecimento e ar condicionado e dos sistemas de controlo independentes dos certificados de desempenho energético e dos relatórios de inspeção. (BRIBIÁN, USÓN, CARDANO, & MUNAR, 2011, p. 34)

Boermans, et al., (2011, p. 47) sublinham que esta nova diretiva visa, ainda, atingir uma redução das emissões de gases de efeito de estufa na ordem dos 20% em relação aos valores registados no ano de 1990 (ou 30% se houver um compromisso internacional). Assim, a UE fixou o objetivo de

---

<sup>22</sup> Quem vai adquirir ou alugar, arrendar etc..., o edifício.

<sup>23</sup> “Edifício com necessidades quase nulas de energia ou “Nearly Zero Energy Buildings (NZEB), um edifício com um desempenho energético muito elevado. As necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades.” (Diretiva 2010/31/UE, Artigo 2º, p. L153/18)

substituir, gradualmente, o uso de combustíveis fósseis por energias provenientes de fontes renováveis, e o uso de equipamentos com melhor eficiência energética, especialmente nos edifícios. Com esta diretiva e confirmando a qualidade de motor de políticas globais e multilaterais de combate às alterações climáticas, a UE dá mais um passo na luta contra o aquecimento global.

No que diz respeito ao quadro legal atualmente em vigor em Portugal sobre o consumo energético destaca-se o Decreto n.º 118/2013, que reúne num único diploma o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios<sup>24</sup> (SCE), o REH e o Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), transpondo a Diretiva 2010/31/UE para o contexto nacional.

À semelhança do que tem vindo acontecer desde de 1991, através da reestruturação sucessiva dos documentos legais neste âmbito, também o presente Decreto-Lei n.º 118/2013 assegurou não só a transposição da nova diretiva da UE, mas também uma revisão da legislação nacional existente com destaque para os seguintes aspetos:

- *Modificações estruturais e de sistematização, pela aglutinação, num só diploma, de uma matéria anteriormente regulada em três diplomas distintos, procedendo-se assim, a uma reorganização significativa que visa promover a harmonização por parte dos destinatários das normas.*
- *A separação clara do âmbito de aplicação do REH e do RECS, passando aquele a incidir, exclusivamente, sobre os edifícios de habitação e este último sobre os de comércio e serviços (...)*
- *Definição de requisitos e a avaliação de desempenho energético dos edifícios [assenta em dois pilares]: no caso de edifícios de habitação assumem posição de destaque o comportamento térmico e a eficiência dos sistemas (...)*
- *Introdução de padrões mínimos de eficiência energética, os sistemas de climatização, de preparação de água quente sanitária, de iluminação, de aproveitamento de energias renováveis de gestão de energia.* (DECRETO-LEI n.º 118/2013, 2013, p. 4988)

Entre outros aspetos revistos, os quais podem ser consultados em pormenor no REH.

A eficiência energética do parque edificado atual e do futuro é uma questão de importância estratégica para a economia europeia e portuguesa e para a qualidade de vida das pessoas. Essa eficiência depende muito da qualidade dos projetos dos edifícios novos e das alterações e reabilitações dos existentes, bem como da qualidade da execução das respetivas obras e do grau de cumprimento das normas regulamentares.

### **3.4 Regime Excecional de Reabilitação Urbana (RERU)**

O regime excecional e temporário aplicável à reabilitação urbana de imóveis, aplica-se a edifícios com pelo menos 30 anos ou localizados em áreas de reabilitação urbana e que se destinem total ou predominantemente à habitação, publicado no Diário da República, entrou em vigor no dia 9 de Abril, através do Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de Abril.

Este diploma é excecional porque pretende dar resposta à atual conjuntura económica e social, vigorando até 9 de Abril de 2021. Surge como resultado da necessidade de impulsionar as obras de reabilitação de edifícios, incentivando a aposta na reabilitação sendo, sem dúvida, positivo. Também

---

<sup>24</sup> Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (em 2013).

pretende contornar alguns obstáculos de carácter técnico. Os atuais regulamentos técnicos <sup>25</sup> direcionados essencialmente para a construção nova, por vezes são incompatíveis com edifícios mais antigos. À luz desta realidade, surgem dificuldades, quer técnicas quer económicas inerentes à aplicação desses regulamentos, constituindo assim um forte obstáculo à recuperação dos edifícios antigos e consequentemente à regeneração do tecido urbano. Este regime tenderá a aligeirar a aplicação rigorosa desses mesmos regulamentos, cujas exceções refletem-se obviamente no custo final do edifício ou fração ou se for o caso, na respetiva renda.

No entanto, este diploma não tem agradado aos especialistas da área. Gavião (2014) escreve que “isentar as obras de reabilitação de medidas que contribuam para o conforto e a eficiência energética é um gigantesco retrocesso”, [partindo do pressuposto que] “Portugal é o país da Europa com o parque edificado mais desconfortável e que grande parte da população (cerca de 28% em 2012, segundo dados divulgados pela Organização Mundial da Saúde (OMS)) não possui meios para climatizar as suas casas”. O mesmo autor acaba por demonstrar o seu total desagrado perante esta posição, concluindo que este diploma é uma “oportunidade perdida”.

Existindo uma discordância dos especialistas da área relativamente à aplicação deste novo diploma, sem dúvida, que muito dificilmente serão alcançados objetivos (de qualidade) aquando se trata de uma ação de reabilitação, tal e qual como se definiu este conceito. Estas questões que de forma alguma não promovem um progressivo e consistente progresso do segmento da reabilitação no sector da construção. Pois assim, é e será seguramente difícil que o segmento da reabilitação se assuma como uma realidade economicamente viável no nosso país.

IteCons salienta que:

Esta lei, que visa facilitar a reabilitação dos edifícios mais antigos, não pretende excluir de forma automática a verificação dos requisitos impostos pela legislação específica aplicável, pelo que a abordagem à reabilitação, mesmo dos edifícios mais antigos, deverá passar pela tentativa de cumprir, dentro da medida do possível, os requisitos impostos pela legislação específica. Só desta forma será possível promover a reabilitação térmica, acústica e energeticamente eficiente dos edifícios urbano. (ITECONS, 2014, p. 16)

### **3.5 Contexto nacional e programas existentes para o reforço da eficiência energética**

O futuro do sector da construção e também dos centros das cidades passará sem dúvida, pela reabilitação dos edifícios existentes e pelo mercado de arrendamento, à semelhança do que acontece na UE. A reabilitação proporcionará o respeito e salvaguarda do património imóvel, histórico ou não, para as gerações futuras, em todos os elementos de valor cultural e arquitetónico, maximizando a sua reutilização de elementos pré-existentes por razões ecológicas e de sustentabilidade ambiental. A maior parte do tempo é passado no interior de um edifício, independentemente se é uma habitação, um local de trabalho ou de lazer; a sua principal função é a de funcionar como abrigo, protegendo-nos

---

<sup>25</sup> Regulamento Geral das Edificações Urbanas, Regime Legal de Acessibilidades, Requisitos Acústicos, Requisitos de Eficiência Energética e Qualidade Térmica, Instalações de gás, Infra estruturas de telecomunicações, Segurança Estrutural e Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição.

das agressividades ambientais e minimizando as consequências da exposição a condições climáticas adversas. Todavia, o setor dos edifícios é o principal responsável pelo consumo de energia, em que grande parte dessa energia, mais de 60% é de natureza elétrica.

Uma das medidas do reforço da eficiência energética é a transposição para o direito nacional da Diretiva n.º 2010/31/UE, que permitiu rever a legislação nacional, através da introdução e publicação do Decreto-Lei n.º 118/2013. Este documento inclui num só diploma:

- Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE);
- Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH);
- Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios do Comércio e Serviços (RECS).

Outra medida é a transposição para o direito nacional da Diretiva 2012/27/UE: relativa à eficiência energética, que altera as Diretivas 2009/125/CE e 2010/30/UE e revoga as Diretivas 2004/8/CE e 2006/36/CE, que se realizou através do Decreto-Lei n.º 68-A/2015, cujo objetivo geral de melhoria da eficiência energética tem como base a redução do consumo de energia primária estabelecido no Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de Abril.

### **3.5.1 Plano nacional de ação para a eficiência energética (PNAEE)**

Cabral refere que “a promoção da eficiência energética e de fontes de energias renováveis estão integradas na nova visão para 2020 do setor energético, a qual procura articular as estratégias para a procura e oferta de energia, tendo como principal objetivo colocar a energia ao serviço da economia e das famílias e garantindo simultaneamente a sustentabilidade de preços...”, (2013, p. 4)

Portugal é caracterizado pela forte dependência energética, no entanto a partir de 2005, o país inverteu a tendência de aumento da intensidade energética convergindo assim com o nível de intensidade energética europeu. Estes resultados refletem a aplicabilidade do Plano de Ação Nacional de Eficiência Energética (PNAEE2008) e o Plano de Ação Nacional de Energias Renováveis (PNAER2010). Ambos são planos e programas específicos que visam dinamizar medidas e concretizá-las de forma mais efetiva. Apesar da melhoria recente da intensidade energética, Portugal regista ainda valores superiores à média europeia. (CABRAL, 2013)

A maioria das preocupações que justificaram a aprovação da Diretiva n.º 2012/27/UE, já se encontra consagrada na legislação e regulamentação nacionais, em particular no Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética para o período 2013-2016 (Estratégia para a Eficiência Energética — PNAEE. Deste modo, o primeiro passo foi a revisão do PNAEE para o período 2013-2016 (PNAEE16) e do PNAER para o período 2013-2020 (PNAER 2020), através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de Abril.

Embora os Planos vissem o cumprimento das metas do “20-20-20” estipuladas para Portugal, foi necessária a integração de ambos, que até à data eram tratados de forma independente. Permitiram



uma ação concertada para o cumprimento dos objetivos nacionais e europeus, minimizando o investimento necessário e aumentando a competitividade nacional. A revisão integrada do PNAEE e do PNAER tem, assim, por base o alinhamento dos respetivos objetivos em função do consumo de energia primária e da necessária contribuição do setor energético para a redução de emissões de gases com efeito de estufa. (RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS n.º 20/2013, 2013, p. 2026)

Os objetivos revistos do PNAEE e do PNAER visam:

- Cumprir todos os compromissos assumidos por Portugal de forma economicamente mais racional;
- Reduzir significativamente as emissões de gases com efeito de estufa, num quadro de sustentabilidade;
- Reforçar a diversificação das fontes de energia primária, contribuindo para aumentar estruturalmente a segurança de abastecimento do país;
- Aumentar a eficiência energética da economia, em particular no setor Estado, contribuindo para a redução da despesa pública e o uso eficiente dos recursos;
- Contribuir para o aumento da competitividade da economia, através da redução dos consumos e custos associados ao funcionamento das empresas e à gestão da economia doméstica, libertando recursos para dinamizar a procura interna e novos investimentos. (RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS n.º 20/2013, 2013, p. 2026)

No âmbito desta revisão, as medidas difíceis de quantificar ou com impacto reduzido deram lugar a medidas novas mais eficazes, reforçando-se as medidas existentes de menor custo e maior facilidade de implementação. Tendo por base as áreas, programas e medidas do PNAEE de 2008, o PNAEE 2016 passa a abranger seis áreas específicas, destacando-se para efeitos da presente dissertação, a área da específica, Residencial e Serviços.

A área Residencial e Serviços integra três programas de melhoria da eficiência energética:

- Renove Casa & Escritório, que integra um conjunto de medidas destinadas a potenciar a eficiência energética na iluminação, eletrodomésticos e reabilitação de espaços;
- Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios, que reúne as medidas que resultam do processo de certificação energética nos edifícios;
- Renováveis na Hora e Programa Solar: Integração de Fontes de Energia Renováveis Térmicas/Solar Térmico, relativo às medidas dirigidas à promoção de uma maior integração de fontes de energia renovável nos edifícios e equipamentos residenciais e de serviços. (DGEG, 2013)

A execução dos programas e medidas do PNAEE2016 traduz -se num impacto económico associado às economias em energia final e primária, o qual é suscetível de ser medido diretamente na vertente associada à redução das importações de combustíveis fósseis, bem como na diminuição das emissões de gases com efeito de estufa, medidas em emissões de CO<sub>2</sub> equivalentes. Neste sentido, a aposta nacional nas energias renováveis tem-se revelado positiva, o que pode ser avaliado pelos impactos já registados na economia portuguesa nos últimos anos.

De seguida apresentam-se os três principais programas destinados à eficiência energética no setor residencial e de serviços.

### 3.5.1.1 Programa Renova Casa & Escritório

O Programa Renova Casa & Escritório tem como objetivo incentivar a substituição de equipamentos no setor Residencial e no setor dos Serviços. Este primeiro programa abrange um conjunto de cinco medidas, as quais se apresentam de seguida:

1. **Promoção de equipamentos mais eficientes:** a promoção da substituição de eletrodomésticos e de outros equipamentos elétricos destinados essencialmente para o uso doméstico, reduzindo o consumo específico do parque de equipamentos domésticos, em conformidade com a rotulagem energética dos equipamentos em vigor em Portugal;
2. **Iluminação eficiente:** esta medida pretende substituir as lâmpadas de baixa eficiência energética por lâmpadas.
3. **Janela Eficiente:** esta medida traduz-se na promoção da substituição de superfícies envidraçadas associado ao funcionamento do sistema de etiquetagem de produtos, com a instalação prevista, até 2016, entre 750 e 800 mil m<sup>2</sup> de vidros eficientes. Esta medida terá impacto em ações de remodelação, nomeadamente em intervenções ao nível da envolvente dos edifícios. Em suma, consistirá na reabilitação de superfícies envidraçadas, quer através da utilização de vidro duplo, quer da utilização de caixilharia com corte térmico, quer na utilização de vidros eficientes, ou seja, de baixa emissividade.
4. **Isolamento Eficiente:** esta medida visa à aplicação de isolamento térmico em paredes, coberturas e pavimentos em ações de reabilitação no parque edificado com necessidades de reparação;
5. **Calor Verde:** esta medida pretende incentivar a aplicação de recuperadores de calor nas unidades de alojamento, como complemento e alternativa aos meios tradicionais de aquecimento ambiente (lareira aberta). (DGEG, 2013, pp. 19-22)

### 3.5.1.2 Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios

O Programa Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios agrupa medidas que resultam do processo de certificação energética nos edifícios, num programa que inclui diversas medidas de eficiência energética nos edifícios, nomeadamente isolamentos térmicos, melhoria de vãos envidraçados e sistemas energéticos. Estas melhorias do desempenho energético dos edifícios traduzir-se-ão na melhoria da classe média de eficiência energética do parque edificado, mediante a implementação das orientações que regulam o SCE. (DGEG, 2013, pp. 23-24)

- **Distinção entre Edifícios Novos e Edifícios Existentes**

O sistema de certificação energética sofreu alterações, sendo portanto necessário esclarecer, no âmbito da presente dissertação, algumas questões no que diz respeito à aplicação deste novo documento legal.

Com a introdução do Decreto-Lei n.º 118/2013 procurou-se sobretudo obter uma revisão da legislação nacional relativamente ao desempenho energético dos edifícios. Tendo em conta o tema

desta dissertação é importante distinguir dois conceitos (edifício novo e edifício existente) no âmbito do novo regulamento.

Quadro 3.1 - Definição de Edifício “Existente” ou “Novo”, para efeitos do SCE. (PASSOS, 2012)

<b>Existentes anteriores a DL78/2006</b>	Projeto de arquitetura deu entrada na entidade licenciadora antes 1 de Julho de 2007/2008
<b>Novos posteriores DL78/2006 (existentes ao abrigo do DL118/2013)</b>	Projeto de arquitetura deu entrada na entidade licenciadora após 1 de Julho de 2007/2008
<b>Novos</b>	Projeto de arquitetura deu entrada na entidade licenciador após 1 de Dezembro de 2013

Como se já referiu anteriormente, realçar-se-ão na presente dissertação os edifícios ou frações de habitação, ao abrigo do REH que estabelece os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, no sentido de promover melhorias (comportamento térmico e eficiência dos sistemas técnicos) que se venham a refletir no desempenho energético dos edifícios. Porém, no âmbito do REH sublinhar-se-ão logicamente os edifícios sujeitos a intervenções, nomeadamente os edifícios sujeitos a grandes intervenções. Nesse sentido define-se uma “grande intervenção”, como sendo, a intervenção em edifício que não resulte na edificação de novos corpos e em que se verifique que as seguintes condições:

- O custo da obra relacionada com a envolvente ou com os sistemas técnicos preexistentes seja superior a 25% do valor da totalidade do edifício, compreendido, quando haja frações, como o conjunto desta, com a exclusão do valor do terreno em que este está implantado;
- Tratando-se de ampliação, o custo da parte ampliada exceda em 25% o valor do edifício existente (da área interior útil de pavimento, no caso de edifícios de comércio e serviços)

### 3.5.1.3 Renováveis na Hora – Solar Térmico

O programa Solar Térmico tem por objetivo promover a integração de sistemas solares térmicos no parque edificado e a edificar, ou seja, a substituição do consumo de energia de origem fóssil por energia de origem renovável, através de uma maior facilidade de acesso a tecnologias de microgeração de energia elétrica e de aquecimento solar de águas quentes sanitárias. Este programa visa também revitalizar o parque de equipamentos existentes, criando condições favoráveis para a substituição e/ou reparação/manutenção especializada. (DGEG, 2013, p. 25)

Na Figura 3.3, apresentam-se as medidas de eficiência energética no setor residencial e de serviços e a respetiva energia poupada acumulada, até ao ano de 2020.

Programa	Código de Medida	Designação	Resultados [acumulado]							
			Energia poupada (tep) [acumulada]							
			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Renove Casa & Escritório	RSp1m1	Equipamentos eficientes	3.514	10.191	19.912	32.434	47.573	65.348	85.714	108.529
	RSp1m2	Iluminação Eficiente	8.284	24.853	49.706	82.843	124.264	173.970	231.959	298.234
	RSp1m3	Janela Eficiente	122	367	735	1.228	1.845	2.588	3.457	4.453
	RSp1m4	Isolamento Eficiente	93	262	525	895	1.389	2.021	2.824	3.842
	RSp1m5	Calor Verde	15.777	47.646	94.903	156.810	232.593	321.439	421.390	530.403
Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios	RSp2m1	Certificação Residencial	2.763	8.427	17.137	29.198	44.945	64.747	89.009	118.177
	RSp2m2	Certificação Serviços	10.145	31.745	66.110	114.550	178.375	258.894	357.418	475.256
Solar Térmico	RSp3m1	Solar Residencial	4.006	15.108	33.335	58.723	91.307	131.123	178.208	232.597
	RSp3m2	Solar Serviços	2.062	7.376	15.955	27.816	42.975	61.449	83.253	108.405
Total			46.765	145.975	298.319	504.497	765.266	1.081.579	1.453.233	1.879.896

Figura 3.3 - Economias de energia acumuladas no setor Residencial e Serviços. (DGEG, 2013, p. 13)

#### 3.5.1.4 Fundo Eficiência Energética

O Fundo de Eficiência Energética foi criado através do Decreto-Lei n.º 50/2010, de 2 de Maio, e é um instrumento financeiro que tem como objetivo financiar os programas e medidas previstas no PNAEE, incentivar a eficiência energética, apoiar projetos de eficiência energética e promover a alteração de comportamentos, neste domínio. Podem candidatar-se a apoio os projetos que conduzam à concretização direta das medidas definidas nos programas que constituem o PNAEE.

#### 3.5.1.5 Portugal 2020 - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (POSEUR) – Eficiência energética habitação particular

O Portugal 2020 está assente em quatro Grandes Programas Temáticos. Estes princípios de programação estão alinhados com o crescimento inteligente, sustentável e inclusivo, prosseguindo a Estratégia Europa 2020. Dos 4 Programas Temáticos, destaca-se o POSEUR, sendo este o Programa Nacional Temático dedicado ao Ambiente que pretende contribuir para a afirmação da Estratégia Europa 2020, especialmente na prioridade de crescimento sustentável, respondendo aos desafios de transição para uma economia de baixo carbono, assente numa utilização mais eficiente de recursos. A estratégia preconizada para o POSEUR alude, assim, a uma perspetiva multidimensional da sustentabilidade, que mobiliza os seguintes objetivos temáticos, traduzidos operacionalmente em três eixos:

- **EIXO PRIORITÁRIO 1:** Apoiar a transição para uma economia com baixas emissões de carbono em todos os setores;
- **EIXO PRIORITÁRIO 2:** Promover a adaptação às alterações climáticas e a prevenção e gestão de riscos;
- **EIXO PRIORITÁRIO 3:** Proteger o ambiente e promover a eficiência dos recursos.

Tendo em conta que a melhoria da habitabilidade e a redução da fatura energética é um objetivo prioritário, estão previstos apoios para ações que visem aumentar a eficiência energética e a utilização de energias renováveis para autoconsumo na habitação particular. (AZEVEDO, 2015)

Para efeitos da presente dissertação, salienta-se o eixo prioritário 1, no qual se destaca os seguintes programas de apoio financeiro, principalmente no setor da habitação e serviços.



Figura 3.4 - Eixo Prioritário 1: Fundo Coesão. (AZEVEDO, 2015, p. 5)

### 3.5.2 Plano de ação para as energias renováveis (PNAER)

O PNAER estabelece como medidas específicas para o setor de aquecimento e arrefecimento, destinado aos edifícios residenciais e de serviço, a medida do Solar Térmico e do Calor Verde, ambas promovem a utilização de fontes de energias renováveis destinadas ao aquecimento e arrefecimento das habitações. Conclui-se que estas ações de eficiência energética a implementar abrangerão todos os setores da economia, sendo que será dada prioridade aos setores com maior peso no consumo de energia, com especial relevância para as empresas, a habitação e os transportes. A concretização do PNAEE e do PNAER permitirá um aumento da competitividade da economia nacional, a redução da dependência energética e consequentemente a redução da intensidade energética e carbónica.

#### 4. COMO SE PODE AUMENTAR O DESEMPENHO ENERGÉTICO NOS EDIFÍCIOS EXISTENTES?

Na sequência das exigências da UE em matéria de eficiência energética nos seus diversos setores, mas com especial enfoque no setor da habitação e de serviços, prevê-se que o futuro do parque habitacional português atravessará um período considerável, no qual será alvo de sistemáticas ações de reabilitação. Segundo os cálculos do Instituto Técnico para a Indústria da Construção (ITIC), o mercado da reabilitação energética “deverá situar-se entre os 11.350 milhões de euros e 14.276 milhões de euros, a que corresponde um investimento por fração na ordem dos 5.000 euros.” (ITIC, 2008, p. 12)

Como se viu anteriormente, existem, em Portugal, cerca de 2,5 milhões de edifícios existentes (cerca de 71%), construídos antes de 1990, quando a aplicação de materiais de isolamento térmico era quase inexistente.

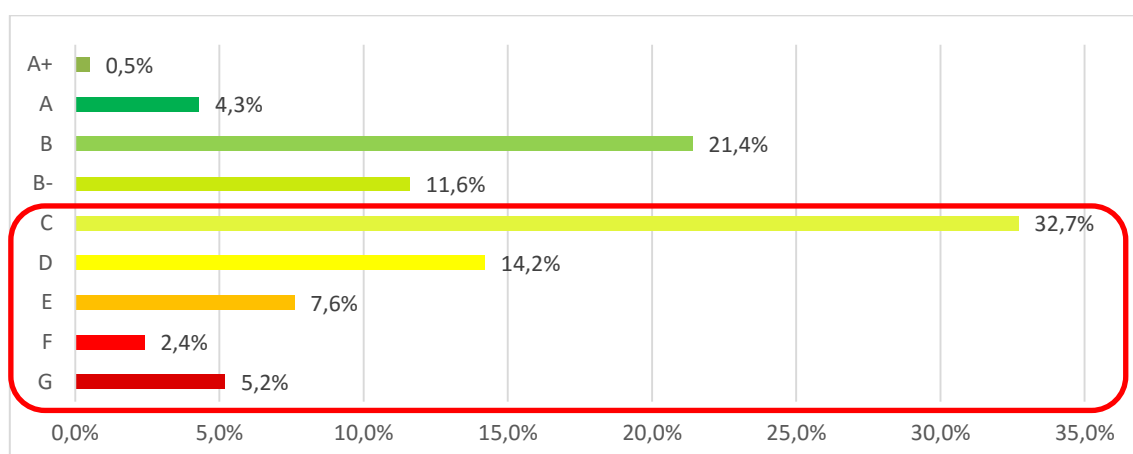


Figura 4.1 - Distribuição da percentagem de CE em edifícios habitacionais existentes, em função da classe energética. (PASSOS, 2012)

A Figura 4.1 mostra que, cerca de 60% do parque certificado, está abaixo da classe energética mínima (B-) recomendável. Estes valores demonstram claramente o fraco desempenho energético do parque edificado português, tendo em conta que somente cerca de 7% do mesmo é considerado património certificado, isto é, edifícios que possuem um certificado energético. Passos (2012) cita que a década de 70 corresponde à época com o menor desempenho energético dos edifícios, onde cerca de 85% das habitações possuem classe energética C ou inferior.

Desde Dezembro de 2013, com a implementação da nova regulamentação nacional, constata-se que, relativamente aos edifícios de habitação, grande parte das medidas de melhoria incidem sobre o isolamento da envolvente opaca (paredes, coberturas e pavimentos), seguido pelas medidas relativas à água quente solar (utilização de energia solar térmica) e climatização ou instalação de vãos envidraçados. Nota-se, assim, no setor residencial, uma clara focagem nas medidas de melhoria relacionadas com a componente passiva, as quais são responsáveis pela melhoria do conforto das

habitações, independentemente da existência e utilização de equipamentos de climatização. (CLÍMACO, 2015)

A Figura 4.2 apresenta a distribuição das principais medidas de melhoria propostas nos certificados energéticos.



Figura 4.2 - Distribuição das medidas de melhoria em edifícios de habitação existentes. (DL 118/2013) - dados até 31 de Dezembro de 2014. (CLÍMACO, 2015, p. 10)

Estas medidas de reabilitação energética passam essencialmente pelas seguintes ações:

- Reabilitação térmica das paredes exteriores, através da colocação de IT pelo exterior, pelo interior ou caixa-de-ar;
- Reabilitação térmica dos pavimentos;
- Reabilitação térmica das coberturas;
- Reabilitação térmica dos vãos envidraçados;
- Reabilitação térmica através do controlo das entradas de ar, pela envolvente exterior;
- Reabilitação energética dos sistemas e instalações, nomeadamente os sistemas de climatização, AQS e iluminação artificial;
- Reabilitação energética através do recurso a tecnologias de fontes renováveis. (DGEG, 2013)

A implementação destas medidas de melhoria resultariam num aumento efetivo do desempenho energético dos edifícios e consequentemente numa nova classificação energética. Caso se adote tais medidas, cerca de 85% dos edifícios certificados obteriam uma classe energética mínima recomendável de B-, cujo limite é o mínimo que se aplica para edifícios novos (ver Figura 4.3 e 4.4).

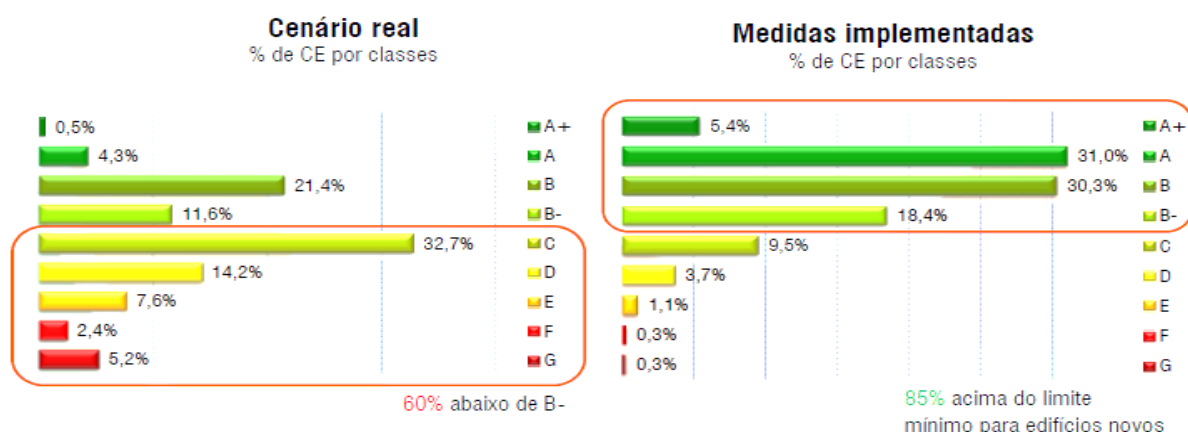


Figura 4.3 - Resultado da aplicação das medidas de melhoria. (PASSOS, 2012, p. 19)

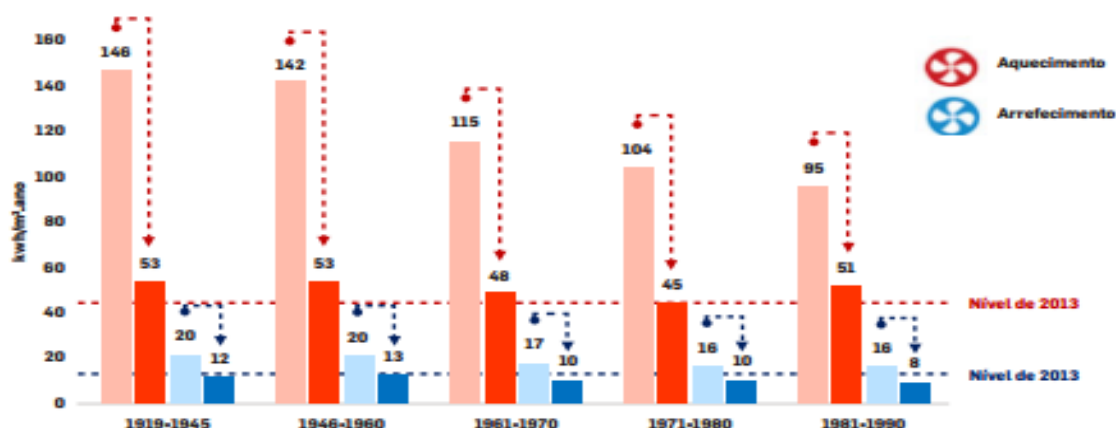


Figura 4.4 - Impacto da reabilitação energeticamente eficiente nas necessidades de energia, por década de construção (DL 118/2013) – dados até à data de 31 de Dezembro de 2014. (CLÍMACO, 2015, p. 10)

Deste modo, melhorando energeticamente as envolventes opacas, os vãos envidraçados, os sistemas de climatização e AQS, entre as outras medidas adicionais, obter-se-ão edifícios mais eficientes e, como tal, poderão ser satisfeitas as condições de conforto dos seus ocupantes com um consumo de energia mais reduzido. De acordo com a Figura 4.4, verifica-se que as necessidades nominais de energia são, em média, 50 kWh/m².ano, contudo é possível diminuir este valor com base no conceito Passive House. Este é considerado um dos mais elevados padrões de eficiência energética a nível mundial, pois as poupanças energéticas atingem os 90% em comparação com os edifícios convencionais, não aumentando significativamente o seu custo de construção. Comparativamente com outros países, como Espanha e Itália, os edifícios construídos antes da entrada da primeira regulamentação térmica, consomem entre 180 e os 230 kWh/m².ano, refletindo o excessivo consumo praticado.

Sendo assim, as medidas de melhoria de reabilitação energeticamente eficientes, devem passar sobretudo pelo conforto passivo, assegurando que o edifício apresenta um adequado comportamento



térmico passivo. Estas medidas de melhoria são baseadas em técnicas de construção solar passiva e soluções construtivas mais eficientes, permitindo criar edifícios com baixos consumos energéticos (o conceito Passive House) (SILVA V. , 2013)

Os princípios para se alcançar um desempenho energético de uma Passive House são: a adequada definição da envolvente opaca do edifício (elevados níveis de isolamento e a minimização das pontes térmicas); o uso de janelas e portas de elevado desempenho; a estanquidade do edifício, através do controlo das infiltrações; a definição de um sistema de ventilação com recuperação de calor; a otimização dos ganhos solares e dos ganhos internos e por fim, a modelação energética de ganhos e perdas, com base num *software* específico. (GAUNA, 2011; PEREIRA V. , 2013)

Estes cinco princípios pretendem colmatar as principais anomalias que contribuem para a ineficiência energética nos edifícios existentes, tornando as perdas e os ganhos de calor, nas estações de aquecimento e arrefecimento, quase negligenciáveis e aproximando a temperatura das superfícies dos elementos construtivos da do ar. De acordo com a Figura 4.5, verifica-se que o elemento construtivo que apresenta mais perdas e ganhos de calor é o telhado, com cerca de 30%. Em alguns edifícios, o telhado pode representar cerca de 60 a 70% da superfície do edifício, o que significa que qualquer ação de reabilitação térmica destinada a melhorar a interação entre a cobertura e o clima, acaba por ser particularmente eficaz.

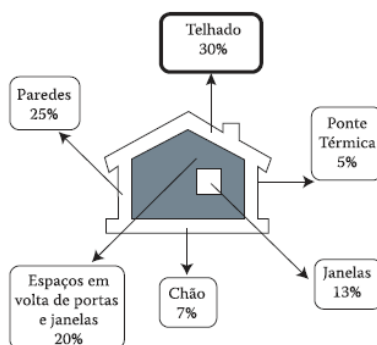


Figura 4.5 - Estimativa das percentagens de perdas e ganhos de calor pelos diferentes elementos construtivos da envolvente exterior. (SILVA V. , Isolamento térmico em PassivHaus - coberturas, 2013, p. 29)

O isolamento térmico da envolvente do edifício é, sem dúvida, considerado como a principal estratégia para diminuir o elevado consumo de energia, mesmo na estação de arrefecimento. No entanto, esta abordagem de “mais isolamento térmico” leva a uma homologação da construção na UE, impondo uma tecnologia de construção que não se enquadra na forma tradicional de construir edifícios, nos países do sul da Europa. Esta abordagem pode originar uma redução da eficácia das estratégias tradicionais de arrefecimento passivo (inércia térmica, ventilação do telhado, etc...), tendo efeitos adversos para o conforto interno, nomeadamente o seu sobreaquecimento (através das fontes de calor interior, radiação solar através dos envidraçados, etc.), se não for combinada com sistemas adequados para limitar tais ganhos de calor. Edifícios que apresentam uma inércia térmica elevada têm um comportamento térmico interior dentro dos limites aceitáveis de conforto, durante a estação de arrefecimento, comparativamente com edifícios de baixa inércia térmica. Na estação de aquecimento,

tanto os edifícios de baixa ou elevada inércia térmica exibem valores inadequados para o conforto térmico dos seus ocupantes. (MARTÍN, MAZARRÓN, & CAÑAS ; ORAZIO, PERNA, & GIUSEPPE, 2010).

Neste sentido, nos países com clima mediterrâneo, é necessária a utilização de soluções mais flexíveis, (promover o processo de ventilação) que conservam o comportamento dinâmico das soluções construtivas existentes<sup>26</sup>. Estudos revelam que envoltentes opacas extremamente isoladas, cujas paredes sejam de elevada inércia térmica, podem conduzir a barreiras térmicas, causando o sobreaquecimento do ambiente interior. (ORAZIO, PERNA, & GIUSEPPE, 2010)

Relativamente à envoltente translúcida, nomeadamente as janelas são as zonas mais frágeis da envoltente, sob o ponto de vista térmico. Por esse motivo, são elementos essenciais para assegurar o conforto no interior do edifício, sendo necessária a aplicação de janelas de elevado desempenho: deve ser tida em consideração a qualidade da caixilharia, o tipo de vidros e espaçadores e o posicionamento e isolamento da caixilharia no vão. (FREITAS, 2015)

Além destas medidas, se se considerar o conceito da Passive House e o combinarmos com a utilização de energia renovável, é possível criar edifícios NZEB. No entanto, é necessário ter atenção quanto ao custo de investimento e de manutenção, sem a instalação de sistemas de potência com grande potência, porque, muitas vezes, a procura de edifícios NZEB pode transformar os edifícios em autênticos “mecanismos”. (FEIST, 2009)

De acordo com o artigo “Potencial ahorro energético y emisiones de CO<sub>2</sub> para el parque residencial existente en Espana en 2020”, publicado por WWF/Adena, o mesmo apresentou um estudo, através da utilização de uma aplicação LIDER, que determina as necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento de edifícios, após uma ação de reabilitação energética. Este estudo abrangeu 918 edifícios, onde foram analisados seis tipologias, três zonas climáticas, três tipos de envoltente térmica em função do ano de construção, três tipos de instalações térmicas e seis casos de propostas de melhoria (ver Figura 4.6).

---

<sup>26</sup> Soluções construtivas de elevada inércia térmica.

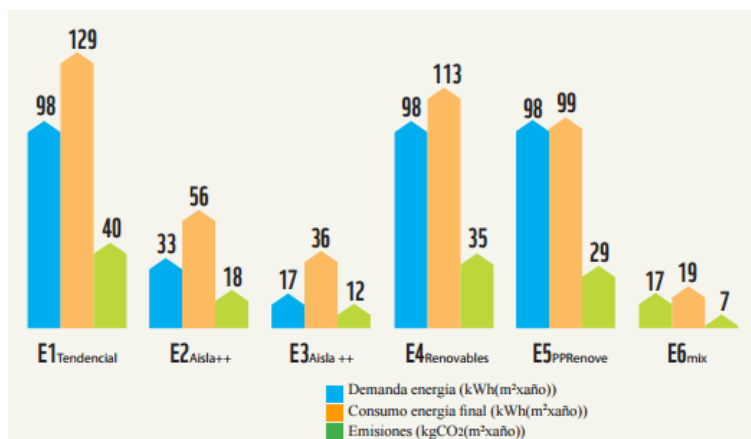


Figura 4.6 - Comparação do impacto das medidas de melhoria energética analisadas. (WWF Espanha, 2010)

De modo a compreender o gráfico, define-se as diversas situações de intervenção:

- **E1** – Representa a situação inicial do edifício, sem ser sujeito a reabilitação;
- **E2** – Representa o efeito das melhorias, de forma a cumprir os valores de  $U$  previstos no CTE espanhol;
- **E3** – Representa melhorias a vários níveis, mediante a aplicação de isolamentos com valores de  $U$  próximo dos valores indicados para edifícios (ZNEB), melhorias na permeabilidade dos vãos e recuperação de calor do ar expulso;
- **E4** – Representa a implementação de sistemas solares para a produção de AQS e eletricidade fotovoltaica;
- **E5** – Representa o impacto do Plano Renove para caldeiras e equipamentos de ar condicionado;
- **E6** – Representa a aplicação conjunta das medidas de melhoria E3 e E4, para edifícios com instalações totalmente elétricas e E3,4,5 para os restantes edifícios. (WWF Espanha, 2010, pp. 26-29)

Em geral, a incorporação de instalações térmicas mais eficientes pode reduzir o consumo entre 12% e 23,2%. Se se optar por melhorar também o isolamento do edifício, as poupanças nos consumos podem ir de 57% e 72%. O efeito conjunto das medidas de melhoria, ou seja, aplicação de isolamento térmico sobre a envolvente exterior aliada à incorporação de equipamentos mais eficientes, com sistemas solares, permitem reduzir cerca de 85% do consumo de energia e 82% as emissões de CO<sub>2</sub>, relativamente aos valores, do mesmo edifício, sem realizar nenhuma intervenção de melhoria energética. (WWF Espanha, 2010)

Deste estudo, a principal conclusão que se pode retirar de todos os cenários previstos, os que surtem mais efeito, ao nível de necessidades energéticas dos edifícios, são aqueles que melhoram os níveis de isolamento dos edifícios. Melhorar os níveis de isolamento do parque habitacional para critérios mais exigentes que os previstos nos regulamentos, permitirá reduzir o significativamente o consumo de energia. Em contrapartida, o facto de se melhorarem as instalações de preparação de águas ou climatização, sem melhorar o nível de isolamento do edifício, os resultados são limitados na globalidade dos edifícios estudados. (WWF Espanha, 2010)

## **5. IMPORTÂNCIA DA EXISTÊNCIA DO MANUAL DE APOIO À REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS**

Atualmente, na grande maioria das cidades, quer em Portugal como noutros países do mundo, o papel da engenharia civil tende a focar-se na importância e na constante necessidade de reabilitar edifícios. A ideia de que a ação de reabilitação é dispendiosa aliada à conceção de que reabilitar não permite conforto ou que exige intervenções intrusivas, são ideias erróneas. Ao contrário da imagem criada, a reabilitação exige um conhecimento multidisciplinar, corretos estudos de diagnósticos e principalmente uma atuação específica neste tipo de intervenções, pois só assim será possível revitalizar e preservar os centros das cidades, muitos deles deixados ao abandono.

Com a primeira crise petrolífera, em 1973, nascem as preocupações de índole energética, associadas ao aumento significativo do custo da energia, à constatação de que as suas fontes são limitadas e do impacto ambiental relativo à sua utilização. Neste sentido, desenvolveram-se iniciativas, medidas e pesquisas que estimulassem a eficiência energética e, a partir da década de 80, os governos deram início a uma intensa promoção de conservação energética.

A existência de um manual de apoio à reabilitação energética de edifícios, destinado a auxiliar os profissionais de projeto, poderá ser o caminho mais correto a seguir, apresentando de forma sucinta, noções básicas ou conceitos e mencionando as principais medidas de ações de reabilitação energética de edifícios.

A pertinência e importância da sua existência reside em tentar “mover as consciências” e aumentar o interesse dos profissionais de projeto, acerca da eficiência energética. Para além das meras reduções de custos de energia, deve entender-se como uma necessidade estrita e urgente para enfrentar os nossos excessivos consumos de energia, conforme se constatou ao longo do presente trabalho. A médio e a longo prazo, a existência de um manual de REE pode motivar e impulsionar a sustentabilidade das cidades, passando não apenas pela eficiência no uso dos recursos naturais, mas também pela recuperação das áreas degradadas, de que são exemplo os bairros históricos.

O manual pretende evitar situações comuns, tais como as intervenções pontuais, realizadas com demasia “liberdade”, onde por vezes ocorrem falhas de ordem técnica, que comprometem ainda mais o estado de conservação do edifício. Por isso, a existência de um manual pretenderá disseminar informações e propostas que permitam aos profissionais, decidirem qual ou quais as soluções mais adequadas, de uma forma acessível e sintetizada para impulsionar as ações de reabilitação energética. Posto isto, procedeu-se à análise de um conjunto de manuais nacionais e internacionais que pretendem alertar para um conjunto de aspetos revelantes na conceção de edifícios de elevado desempenho, em ações de reabilitação energética.

Devido à panóplia de manuais ou guias existentes procurou-se identificar aqueles que já integram medidas de eficiência energética que vão de encontro com a nova regulamentação, o REH. Alguns destes novos manuais mencionam medidas de melhoria a adotar por parte do utilizador e sobre arquitetura bioclimática. Foram também analisados manuais ou guias de outros países, nomeadamente

Espanha e Itália. Optou-se pela escolha destes dois países, dadas as suas semelhanças com Portugal. De seguida, apresentam-se os motivos que levaram a escolha destes dois países.

Espanha e Itália também são países com forte dependência energética, ou seja, apresentam-se fortemente dependentes das importações para satisfazer as suas necessidades energéticas, sendo portanto, países sensíveis ao problema da energia.

No contexto mediterrâneo, a Itália, é o país com o maior consumo de energia nas habitações, dado que grande parte dos edifícios existentes foram construídos na segunda metade do século passado, quando não existia uma regulamentação legal em matéria de poupança energética. Em Espanha, entre 1990 e 2010, o consumo de eletricidade nas habitações quase triplicou, sendo que, o setor dos edifícios foi responsável por 26% dos consumos finais de energia, sendo 17% referente ao setor residencial e 9% ao setor de serviços, o que corresponde a um quinto das emissões de CO<sub>2</sub>, deste país. A grande parte da energia consumida no país é proveniente de fontes não renováveis (aproximadamente 67%).

À semelhança do que acontece com o parque habitacional português, em ambos apresentam um parque habitacional desprovido de exigências térmicas significativas. Em Espanha, mais de 13 milhões de habitações construídos antes de 1979, apresentam um consumo médio por habitação, na ordem dos 180 kWh/m<sup>2</sup>.ano. Em Itália, estima-se que cerca de dois terços dos alojamentos existentes (dos 27 milhões de alojamentos do parque habitacional italiano), foram construídos antes de 1976, os quais são desprovidos de exigências térmicas, traduzindo-se assim, num consumo médio por habitação entre os 160 e 230 kWh/m<sup>2</sup>.ano.

Os cenários apresentados no estudo Energy Technology Perspectives (ETP) da responsabilidade da IEA considera os edifícios com padrões Passive House como o próximo passo a dar nos documentos legais, após os Low-Energy Buildings (LEB). Um edifício Passive House não deve ultrapassar os 15 kWh/m<sup>2</sup>.ano para aquecimento e para arrefecimento, ao passo que aos LEB estão associados valores entre 60 a 80 kWh/m<sup>2</sup>.ano para aquecimento. (ETP, 2008)

Tendo em conta a elevada procura dos combustíveis fósseis e, por outro lado, as exigências dos compromissos internacionais, em matéria ambiental (a redução das emissões de GEE), estes países vêem-se “obrigados” a adotar novas estratégias e a explorar novas tecnologias para combater o seu atual paradigma de consumo energético, completamente insustentável.

A criação de uma economia mais sustentável assenta em diversos fatores, no entanto, o setor residencial será certamente uma das prioridades para estes países, visto que cerca de 40% do consumo de energia na UE advém dos edifícios. No entanto, há ainda algumas barreiras à reabilitação energética. Um estudo realizado pelo Politécnico de Milão e pela Universidade de Insubria, conduzido pela WWF, denominado *Análise e Propostas de Intervenção*, revela que as principais barreiras em Itália são: de ordem cultural, normativa e financeira. Nas barreiras culturais englobam-se a falta de informação por parte do utilizador final, a falta de bom senso económico do consumidor e a sobrevalorização dos custos extra da construção. Do ponto de vista técnico e profissional, realça-se a

falta de formação dos próprios técnicos e a inércia profissional dos mesmos, a desmotivação dos administradores e ausência de fiscalização e desrespeito pelas normas. Relativamente às questões financeiras, as barreiras mencionadas dirigem-se essencialmente ao problema da divisão dos incentivos e dificuldades de acesso ao crédito. (WWF Italia, 2007)

À luz desta realidade, serão analisados sete guias ou manuais, no âmbito das ações de reabilitação energética de edifícios. De seguida, apresentam-se os diversos documentos:

- A. Manual de boas práticas construtivas – ITECONST;
- B. Manual de boas práticas – reabilitação de edifícios urbanos – ITECONS;
- C. Guias para a reabilitação: isolamento térmico de edifícios correntes com poliestireno extrudido – InovaDomus;
- D. Renovar para consumir menos energia – rehabilitación energética de edificios y viviendas e moradias;
- E. Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios. El aislamiento, la mejor solución” – Instituto para la diversificación y ahorro de la energía - IDAE;
- F. Risparmio energetico nella casa – ENEA;
- G. Guida pratica per i consumatori per il risparmio ed efficienza energetica negli edifici – ENFORCE.

De forma a organizar a análise dos documentos, estes foram catalogados por ordem alfabética e agrupados, em função do país a que pertencem. Os manuais catalogados de **A a C** pertencem a Portugal, o **D e E** pertencem a Espanha e os restantes a Itália.

A análise dos diversos manuais ou guias tem como principal objetivo responder e fundamentar as questões de investigação levantadas no presente trabalho, facultando contributos para um manual de boas práticas de reabilitação energética, com base no desenvolvimento de uma estrutura (acompanhada por uma *checklist*), com um conjunto de medidas energeticamente eficientes, de modo a aumentar o nível de eficiência energética dos edifícios existentes.

Para o estudo detalhado dos diversos manuais (ver **ANEXOS**), considerou-se oportuno desenvolver um diagrama estrutural para cada manual. O diagrama de estrutura foi a forma mais simples de sintetizar e reunir os principais elementos de intervenção, aquando uma ação de reabilitação. Para além do diagrama de estrutura, cada manual é analisado capítulo a capítulo, dando a conhecer ao leitor as diferentes soluções construtivas de reabilitação, através de pormenores construtivos ao nível da cobertura, paredes exteriores, pavimentos e pontes térmicas, bem como os principais isolantes térmicos, usualmente utilizados em ações de reabilitação energética.

Dada a diversidade e quantidade de informação apresentada por cada manual, optou-se pela criação de dois quadros que permitem compilar essa mesma informação de uma forma mais perceptível, por parte do leitor.

O primeiro quadro é composto pelas principais anomalias que contribuem para a ineficiência energética nos edifícios existentes, mencionadas no capítulo 2.3.2. Este quadro tem como objetivo verificar se os manuais analisados têm em consideração as causas mais frequentes. Desta maneira, será possível identificar se essas anomalias advêm das fases: de projeto, da construção, da manutenção ou da própria utilização, através da transversalidade dos diversos documentos analisados, dos diferentes países. Por outro lado, será possível cruzar os resultados obtidos com as principais medidas de melhoria de eficiência energética estudadas no capítulo quatro.

Quadro 5.1 – Principais anomalias que contribuem para a ineficiência energética nos edifícios existentes, em função de cada manual.

	FATORES ASSOCIADOS		MANUAIS						
			A	B	C	D	E	F	G
1.	EDIFÍCIO								
	1.1	Localização	X	X					
	1.2	Forma e orientação	X	X					
	1.3	Orientação solar	X	X					
	1.4	Movimentos de ar: vento e brisa							
2.	QUALIDADE TÉRMICA ENVOLVENTE								
	2.1	Envolvente Opaca	X	X	X	X	X	X	X
		2.1.1 Paredes exteriores: Inexistência ou insuficiente espessura de isolamento térmico	X	X	X	X	X	X	X
		2.1.2 Coberturas inclinadas/planas: Inexistência ou insuficiente espessura de isolamento térmico	X	X	X	X	X	X	X
		2.1.3 Pavimentos: Inexistência ou insuficiente espessura de isolamento térmico	X	X	X	X	X	X	X
		2.1.4 Pontes térmicas: Inexistência ou insuficiente espessura de isolamento térmico	X	X	X	X	X	X	X
	2.2	Envolvente translúcida	X	X	X	X	X	X	X
		2.2.1 Utilização de vidros com características térmicas de fraco desempenho energético, maioritariamente com classe F	X	X	X	X	X	X	X
		2.2.2 Caixilharias com fraco desempenho energético	X	X	X	X	X	X	X
		2.2.3 Inexistência ou dimensionamento inadequado de proteções solares	X	X	X	X	X	X	X
		2.2.4 Falta de manutenção dos dispositivos de proteção solar	X	X	X	X	X	X	X
		2.2.5 Dimensionamento inadequado das áreas dos vãos envidraçados, em função da sua orientação solar	X	X	X				
	2.3	Inércia térmica	X	X					
	2.4	Ventilação natural	X	X	X	X			
		2.4.1 Infiltrações de ar indesejadas através de frinchas nas janelas e portas	X	X	X	X			
		2.4.2 Infiltrações de ar através de caixa de estores com elevada permeabilidade ao ar	X	X	X	X			
	2.5	Estanquidade da envolvente ao ar	X	X	X	X			
		2.5.1 Verificar se os espaços em torno das janelas e portas estão bem vedados			X	X			
		2.5.2 Entrada para o sótão, não se encontra bem vedado			X	X			
		2.5.3 Fissuras em elementos construtivos (verticais e horizontais)			X	X			
		2.5.4 Verificar se os espaços localizados em volta de qualquer tubagem ou cabos que atravessam paredes exteriores, coberturas, etc.. se encontram bem vedados			X	X			
		2.5.5 Fraca ventilação promove o aparecimento de humidades e bolores, comprometendo a vida útil dos materiais de construção	X	X	X	X			
3.	SISTEMAS E INSTALAÇÕES								
	3.1	Iluminação artificial: utilização de lâmpadas de elevado consumo	X	X	X	X			
	3.2	Iluminação artificial: utilização de luz para locais onde não se necessita	X	X	X	X			

3.3	Iluminação natural: escolha inadequada de cores para o interior da habitação	X	X	X	X				
3.4	Sobredimensionamento da capacidade dos equipamentos para a preparação de AQS face ao perfil de consumo dos ocupantes	X	X	X	X	X	X	X	
3.5	Ausência de isolamento da rede de distribuição da água	X	X	X	X	X			
3.6	Sobredimensionamento da potência dos equipamentos de climatização: de aquecimento e arrefecimento face às necessidades de utilização	X	X	X	X	X	X	X	
3.7	Ausência de consulta da periodicidade de manutenção dos equipamentos, quer de climatização, quer para preparação de AQS	X	X	X	X	X	X	X	
3.8	Despreocupação na escolha de eletrodomésticos com classes altas de eficiência energética	X	X	X	X				

De acordo com o Quadro 5.1, é possível retirar as seguintes conclusões:

1. As medidas de reabilitação energética recaem maioritariamente sobre a envolvente opaca e translúcida, sendo a principal causa de ineficiência energética comum aos diversos manuais e consequentemente parques habitacionais;
2. O conceito de inércia térmica é abordado em pelos menos quatro manuais, o qual exige uma especial atenção, tendo em conta o clima mediterrâneo;
3. Os sistemas de climatização: quer para arrefecimento, quer para aquecimento são apontados nos vários manuais, como fortes responsáveis pelo elevado consumo nas habitações, de forma a colmatar a ausência ou insuficiente isolamento térmico.

Este primeiro quadro é o ponto de partida para a elaboração da estrutura do manual de boas práticas na reabilitação energética. No entanto, conforme se pode constatar através dos diagramas de estrutura de cada manual, estes mencionam outras informações complementares, conforme o Quadro 5.2. Considerou-se oportuno criar um segundo quadro, o qual corresponde à análise comparativa de conteúdos dos diversos manuais. Assim é possível comparar a existência ou inexistência dos conteúdos mais comuns que integram os vários manuais. De seguida apresenta-se o Quadro 5.2 que permite uma análise comparativa de conteúdos dos diferentes manuais analisados na presente dissertação.



Quadro 5.2 - Análise comparativa de conteúdos dos manuais.

<b>Guida pratica per i consumatori per il risparmio ed efficienza energetica negli edifici (G)</b>								
<b>Risparmio energetico nella casa (F)</b>								
<b>Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios. "El aislamiento, la mejor solución" (E)</b>								
<b>Renovar para consumir menos energia – Rehabilitación energética de edificios y viviendas e moradias (D)</b>								
<b>Guias para a reabilitação: Isolamento térmico de edifícios correntes com poliestireno extrudido (C)</b>								
<b>Manual de Boas Práticas - Reabilitação de edifícios urbanos (B)</b>								
<b>Manual de Boas Práticas Construtivas - (A)</b>								
Apresentação e introdução ao manual e ao tema	X	X	X	X	X	X	X	X
Regulamentos nacionais atualmente em vigor		X		X				
Paradigma do modelo energético atual, o seu consumo, distribuição e gasto				X	X			
Os benefícios de uma reabilitação energética (diminuição da dependência energética do exterior, atenuar as alterações climáticas, proteger a economia do país e do próprio consumidor)				X	X	X	X	
Caraterização do parque edificado habitacional (época de construção, índice de envelhecimento e o seu consumo)		X		X	X			X
Caraterização das soluções construtivas mais comuns em edifícios existentes		X	X					
Auditoria e inspeção de edifícios existentes (Caraterização térmica da envolvente, termografia, infiltrações de ar, qualidade do ar interior, auditoria energética, vistoria aos sistemas de produção de AQS e climatização)		X						X
Identificação de anomalias ou formas de manifestação típicas e as suas causas comuns devido à falta de isolamento térmico, ventilação ou por outros fatores			X	X				
Conceitos teóricos sobre o comportamento térmico dos edifícios	X	X						
Fatores associados à arquitetura bioclimática (localização e orientação solar do edifício)	X							
Medidas de melhoria de reforço térmico da envolvente exterior (paredes, coberturas, pavimentos e pontes térmicas)	X	X	X	X	X			X
Pormenorização e descrição das soluções construtivas recomendadas para ações de reabilitação energética	X	X	X	X				
Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas iluminação natural	X	X		X				
Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas iluminação artificial	X	X		X		X	X	
Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas para ventilação natural	X	X	X	X				
Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas para ventilação mecânica	X	X	X					
Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas aplicada à envolvente envidraçada	X	X				X	X	
Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas aplicado aos sistemas de aquecimento	X	X		X	X	X	X	
Apresentação de 1 ou mais soluções para cada ação de intervenção	X	X		X				
Apresentação e análise de um caso de estudo			X		X			
Exemplos de materiais de construção a utilizar nas soluções recomendadas	X	X	X	X				X
Catálogo de soluções construtivas eficientes	X			X				
Estimativas de períodos de retorno associados às soluções construtivas eficientes	X			X	X			
Automação como medida de eficiência energética destinada edifícios habitacionais	X	X		X				
Conselhos práticos para uma utilização eficiente do uso de energia	X	X						

Para a construção da estrutura do Manual de Boas Práticas procedeu-se a um levantamento dos conteúdos analisados. Como fator eliminatório, optou-se por considerar a predominância do mesmo conteúdo, referido em pelo menos quatro manuais. A predominância do mesmo conteúdo em pelo menos quatro manuais, evidência uma tendência ou oportunidade de intervenção com impacto significativo na qualidade térmica e eficiência energética dos edifícios a reabilitar.

Com base neste critério de seleção, extraem-se os seguintes conteúdos:

1. Apresentação e introdução ao manual e ao tema;
2. Os benefícios de uma reabilitação energética (diminuição da dependência energética do exterior, atenuar as alterações climáticas, proteger a economia do país e do próprio consumidor);
3. Caracterização do parque edificado habitacional (época de construção, índice de envelhecimento e o seu consumo);
4. Auditoria e inspeção de edifícios existentes (Caraterização térmica da envolvente, termografia, infiltrações de ar, qualidade do ar interior, auditoria energética, vistoria aos sistemas de produção de AQS e climatização);
5. Medidas de melhoria de reforço térmico da envolvente exterior (paredes, coberturas, pavimentos e pontes térmicas);
6. Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas iluminação artificial;
7. Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas para ventilação natural;
8. Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas para ventilação mecânica;
9. Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas, aplicada à envolvente envidraçada;
10. Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas, aplicada aos sistemas de aquecimento;

No entanto, para o objetivo do presente trabalho, adicionam-se outros conteúdos (listados abaixo e embora presentes em menos de quatro manuais) revelam-se importantes, enquanto complementos ao processo de reabilitação e consequentemente à proposta da estrutura do manual de boas práticas.

1. Conceitos teóricos sobre o comportamento térmico dos edifícios;
2. Identificação de anomalias ou formas de manifestação típicas e as suas causas comuns devido à falta de isolamento térmico, ventilação ou por outros fatores
3. Conselhos práticos para uma utilização eficiente do uso de energia;
4. Uso de tecnologias renováveis destinadas à climatização e AQS.

Dos conteúdos selecionados destacam-se essencialmente três capítulos principais. A primeira parte diz respeito ao enquadramento geral, objetivos e vantagens, na qual a estrutura do Manual terá que dar resposta. Este conteúdo introdutório é transversal a todos os manuais, porém, relativamente ao público-alvo difere, isto é, alguns dos manuais analisados estão orientados para os profissionais de projeto comparativamente com outros destinados aos utilizadores/consumidores da habitação.

Tendo em conta que a presente dissertação destina-se a auxiliar os profissionais de projeto em ações de reabilitação energética, o enquadramento e objetivo do Manual de Boas Práticas orientar-se-á sobretudo para assuntos de ordem mais técnica, ou seja, no âmbito do sector da construção. Assuntos como a importância da reabilitação face à construção nova, o estado de conservação do parque habitacional português e o seu futuro, bem como outras questões: económicas (dependência energética do país) e ambientais (locais e globais) devem ser tidas em conta. Aspetos estes que normalmente são alheios na ótica do utilizador comum.

A segunda parte é destinada exclusivamente à caracterização do edifício existente, em estudo, devendo constar o máximo de informação acerca do edifício a reabilitar. Informações tais como: as soluções construtivas adotadas/existentes, a época construtiva na qual o edifício se melhor enquadra, as suas debilidades para lá das evidenciadas pela falta de manutenção e/ou envelhecimento natural dos materiais, o nível de isolamento da envolvente (caraterização térmica), a eficiência dos sistemas instalados, a exposição solar, entre outros elementos, os quais serão premissas essenciais, de modo a ser possível equacionar-se de forma mais fundamentada a integração das medidas de melhoria, em ações de reabilitação energética.

Por fim, a terceira parte englobará o conjunto de medidas de melhoria mais utilizadas, de acordo com o critério anteriormente considerado (pelo menos quatro manuais, exceto os pontos 7 e 8), apresentando-as de seguida:

1. Medidas de melhoria de reforço térmico da envolvente exterior (paredes, coberturas, pavimentos e pontes térmicas);
2. Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas iluminação artificial;
3. Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas para ventilação natural;
4. Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas para ventilação mecânica;
5. Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas, aplicada à envolvente envidraçada;
6. Medidas de melhoria de eficiência energética recomendadas, aplicada aos sistemas de aquecimento;
7. Uso de tecnologias renováveis destinadas à climatização e AQS.
8. Conselhos práticos para uma utilização eficiente do uso de energia;

Sublinhe-se que a maioria destas medidas de melhoria de reabilitação térmica e de eficiência energética dos sistemas instalados vão de encontro com as principais medidas de melhoria discutidas no capítulo quatro (“Como se pode melhorar o desempenho energético nos edifícios existentes?”). Desta forma pretende-se voltar a construir com critérios adequados, significando assim custos de funcionamento mais baixos e um nível de conforto superior.

## **6. PROPOSTA DA ESTRUTURA DO MANUAL DE BOAS PRÁTICAS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS**

No decorrer deste trabalho de investigação, tornou-se evidente que grande parte dos edifícios de habitação existentes se encontram, em geral, com anomalias ou com sérias necessidades de reparações, revelando diversos problemas ao nível do conforto térmico e da qualidade do ar, os quais proporcionam consequências graves para os seus ocupantes, para os próprios edifícios e por fim, para o meio ambiente.

Este cenário revelou-se transversal nos diversos países analisados e, como tal, parece pertinente incentivar a reabilitação energética dos edifícios de habitação. Apesar de se ter conhecimento que em certas intervenções de reabilitação é obrigatório, por lei, cumprir determinadas exigências do ponto vista energético, por vezes, as mesmas são colocadas em segundo plano, sobretudo devido aos seus custos de execução e também pelo desconhecimento das suas vantagens, por parte dos proprietários das habitações.

### **6.1 Objetivo da existência do manual**

O manual de boas práticas pretende contribuir para a mudança do atual paradigma reabilitação para um modelo de reabilitação energético mais consistente e sustentável, quer em termos ambientais quer em termos económicos, diminuindo o consumo de energia dos edifícios e elevando o valor (a qualidade) dos edifícios existentes.

O manual tem como principal objetivo reunir todos os conteúdos com implicações imediatas no desempenho energético dos edifícios e orientá-los de modo a apoiar e a tornar o processo de reabilitação energética mais simples e eficaz para os profissionais de projeto, visando eliminar os habituais problemas inerentes à ineficiência energética nos edifícios habitacionais, construídos antes da regulamentação térmica. O manual também procura oferecer uma visão geral sobre as soluções possíveis existentes e que emergem durante o diagnóstico que configuram o edifício. Pretende-se que após a aplicação do manual, num caso de estudo, haja uma melhoria significativa da classe energética.

### **6.2 Vantagens da existência de um manual**

A existência de um manual de boas práticas para ações de reabilitação energética apresenta numerosas vantagens, das quais se podem destacar as seguintes:

1. Incentivar os profissionais a contribuir para o melhoramento do desempenho energético dos edifícios existentes, através de uma perceção mais adequada das medidas de melhoria, de acordo com a informação divulgada numa panóplia de manuais elaborados por entidades competentes nacionais e internacionais, algumas delas apoiadas por centros de investigação e universidades;
2. Incentivar os profissionais a recorrer à reabilitação energética sempre que seja necessário efetuar manutenções ou reparações nos edifícios;

3. Reconhecer quais os fatores determinantes a serem ponderados e colocados em prática para que as suas ações sejam eficientes;
4. Abranger grande parte dos edifícios do parque habitacional português, em pelo menos 70% dos edifícios existentes, os quais foram construídos sem qualquer tipo de regulamentação térmica;
5. A aplicação das medidas de melhoria de eficiência energética permitem capacitar os edifícios com uma qualidade superior à que possuíam anteriormente, ou seja, com níveis de exigência atuais e, assim, valorizá-lo no mercado imobiliário, aquando da sua venda ou aluguer;
6. Correção e prevenção de possíveis patologias nos edifícios;
7. Redução significativa no valor da fatura energética.

Em geral, este manual deve constituir uma ferramenta de informação válida e independente sobre como poupar energia e promover a eficiência energética nos nossos edifícios.

### 6.3 Estrutura do manual

A estrutura do Manual é dividido em quatro partes, correspondendo a primeira parte (“**Introdução**”), na qual se procede ao enquadramento do tema em estudo e se estabelecem os objetivos a cumprir, para além de se definirem os conceitos que se utilizam recorrentemente ao longo do mesmo. Na segunda parte (“**Edifícios “anteriores a 1990”**”), apresentam-se os elementos necessários à caracterização do edifício em estudo. A terceira parte (“**Simulação energética**”) é dedicada à análise do desempenho energético do edifício, através da simulação energética detalhada, recorrendo a *softwares*. Por fim, a quarta parte (“**Soluções de reabilitação energética**”) corresponderá posteriormente às soluções/medidas de reabilitação energética recomendadas, com o apoio de uma *checklist*, baseada numa estrutura que se considera a mais eficiente.

De seguida, apresenta-se a estrutura organizacional do Manual Boas Práticas na Reabilitação Energética de Edifícios de Habitação, conforme a Figura 6.1.

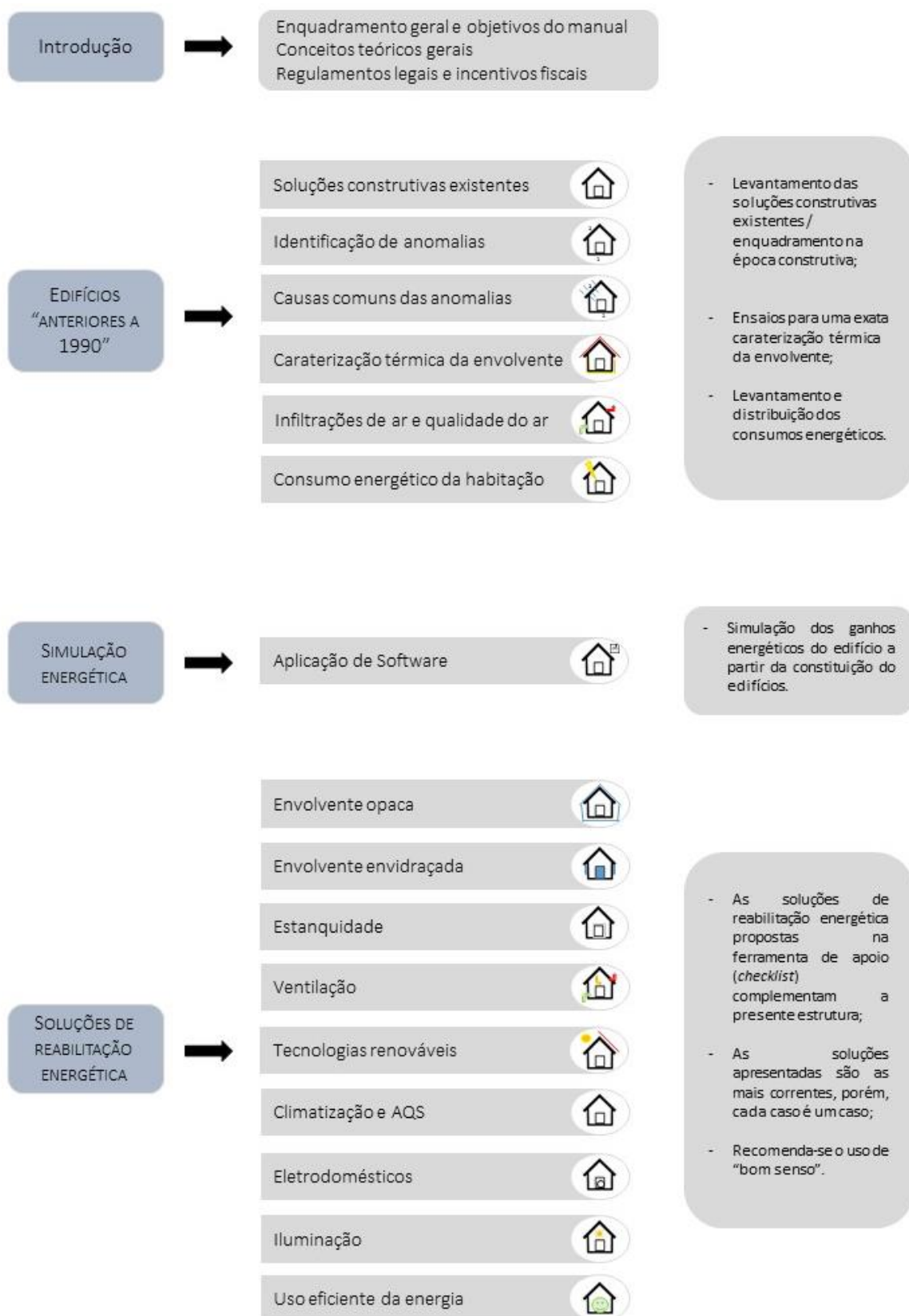


Figura 6.1 - Proposta de estrutura para Manual de Boas Práticas de Reabilitação Energética de Edifícios de Habitação.

## **6.4 Conteúdos da estrutura do manual**

Neste subcapítulo serão apresentados e descritos os conteúdos correspondentes a cada parte da estrutura proposta para o Manual.

### **6.4.1 Primeira parte do manual**

A primeira parte do manual pretende enquadrar os profissionais de projeto sobre a necessidade atual de reabilitar os edifícios existentes, para além da simples manutenção ou intervenções de reparação de elementos construtivos. Pretende-se dar a conhecer que, nas últimas décadas, os materiais de construção básicos como a terra, a pedra e a madeira evoluíram para soluções construtivas mais complexas, porém este avanço tecnológico acarretou graves impactos nos edifícios e também para o meio ambiente, não só pelos recursos utilizados (energia, água e matérias primas), mas também devido ao desconhecimento do comportamento térmico destes novos materiais e do seu consequente desempenho energético.

Ainda inserido na primeira parte do manual, considera-se fundamental apresentar diversos elementos de caráter geral, dos quais se destacam os seguintes:

- Apoios e incentivos fiscais à reabilitação energética;
- Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)
- Conceitos teóricos: grande parte deles podem ser consultados no documento legal, o REH.

### **6.4.2 Segunda parte do manual**

A segunda parte da estrutura do manual pretende caracterizar o objeto de estudo, no que diz respeito às soluções construtivas adotadas/existentes, à época construtiva na qual o edifício se melhor enquadra, bem como a identificação de possíveis anomalias e causas mais frequentes.

Recomenda-se também a caracterização térmica da envolvente (por meio de termografia ou medição in-situ de fluxo de calor para a determinação da resistência térmica) correspondendo, à avaliação dos parâmetros térmicos das soluções construtivas do edifício em estudo, designadamente os coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos e envidraçados, os fatores solares dos vãos envidraçados, massas superficiais úteis dos elementos construtivos, entre outros. Desta forma será possível avaliar os requisitos energéticos, quer as necessidades de aquecimento, quer de arrefecimento.

Outro ensaio importante de ser realizado é a análise e avaliação do nível de permeabilidade do ar, que ocorre através da envolvente do edifício, o qual permite obter qual o grau de ventilação assegurado pelas infiltrações e, deste modo, saber se é preciso compensar (e controlar) o processo com recursos a sistemas de ventilação, visto que após uma intervenção de reabilitação, em geral, os edifícios se tornam mais estaques do que inicialmente.

Aliado a esta avaliação também é relevante medir a concentração de poluentes durante a utilização dos edifícios para conhecer o grau de eficácia dos sistemas de ventilação e identificar, se necessário, medidas corretivas, no sentido de garantir essa qualidade do ar interior.

#### **6.4.3 Terceira parte do manual**

Na segunda parte pretende-se avaliar o desempenho térmico do edifício, servindo como um *input* nos casos em que se pretende efetuar o estudo de medidas de melhoria, com recurso à simulação energética, correspondendo assim à terceira parte da estrutura do Manual.

#### **6.4.4 Quarta parte do manual**

A quarta parte da estrutura do manual menciona as soluções de reabilitação energética, baseadas nas principais oportunidades de intervenção, conforme detalhado no capítulo anterior. Esta parte é composta por nove subtítulos: envolvente opaca, envolvente envidraçada, estanquidade da envolvente ao ar, ventilação, tecnologias renováveis, climatização e AQS, eletrodomésticos, iluminação e, por fim, o uso eficiente da energia, por parte do utilizador, aliada a uma *checklist* de apoio à estrutura, através de um conjunto de medidas de melhoria energeticamente eficientes.

Os subtítulos estão dispostos por ordem decrescente, em função do seu impacto e importância que têm no desempenho energético do edifício, considerando-se os primeiros cinco subcapítulos fundamentais para potenciar a eficiência energética do mesmo. A escolha da ordem é o espelho da análise dos diversos manuais, complementada com a bibliografia apresentada, ao longo do presente trabalho, mas com maior detalhe no capítulo quatro.

Através de um simples exemplo, pode-se facilmente compreender o motivo pela qual é feita esta escolha. A tarefa de “manter o café quente” pode ser conseguida das seguintes formas: através da utilização, em contínuo, de eletricidade no caso da jarra da cafeteira; ou evitando as perdas de calor no caso de um termo. Certamente que neste último caso, a fonte de calor será utilizada somente quando for estritamente necessária para aquecer, logo o consumo será menor do que no caso inicial, sendo portanto mais eficiente do ponto de vista energético. Os restantes subcapítulos, talvez possam ter outra ordem, no entanto, tendencialmente esta é a ordem mais eficiente.

De seguida, apresenta-se a *checklist* de apoio à reabilitação energética de edifícios existentes de habitação, que complementa a quarta parte da estrutura do manual de boas práticas. Nesta *checklist* é apresentada de forma simplificada um conjunto de medidas de melhoria energeticamente eficientes, associadas a cada subcapítulo.

As medidas de melhoria não são apresentadas numa ordem criteriosamente exata, sob o ponto de vista económico e técnico, apenas se pretende dar a conhecer as principais medidas de melhoria de eficiência energética, as mais e menos eficazes.



Quadro 6.1 - *Checklist* de apoio à estrutura do Manual de Boas Práticas na Reabilitação Energética de Edifícios de Habitação.

Elemento	Anomalias mais frequentes	Causas mais comuns	Medidas de Melhoria de RE			S	N	N A	
PAREDE EXTERIOR	Manchas de bolor nas paredes de zonas húmidas/não húmidas	Ausência ou insuficiente aquecimento ambiente interior	Sem / Com restrições arquitetónicas	Tratamento da fissuração e impermeabilização das paredes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		Deficiente isolamento térmico da cobertura							
		Produção de vapor de água no interior da habitação		Reforço da ventilação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		Ventilação insuficiente							
		Higroscopicidade inadequada dos revestimentos interiores		Reforço do aquecimento do ambiente interior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Manchas de humidade na ligação da parede (caixa-de-ar) com pavimento	Infiltrações através de fissuras	Sem restrições arquitetónicas	IT pelo Exterior					
		Ausência de ventilação e aberturas de drenagem na caixa-de-ar da parede							
		Inexistência de isolamento térmico ou má execução							
	Manchas de humidade na face interior na zona das pontes térmicas planas	Inexistência ou insuficiente isolamento térmico		ETICS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		Condensações superficiais		Fachada ventilada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Aparecimento de manchas em fachadas	Inexistência ou insuficiente isolamento térmico	Com restrições arquitetónicas	IT pelo Interior					
		Depósito de poeiras e sujidades							
	Manchas de sujidade em fachadas sob os peitoris	Inexistência de uma pingadeira		Contra fachada de gesso cartonado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		Reduzida inclinação do peitoril		Argamassas térmicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		Inexistência de batentes laterais		Isolantes pré-fabricados descontínuos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		Projeção lateral do peitoril de dimensão reduzida							
A espessura do material isolante deve ser dimensionado de acordo com o atual Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação.									
COBERTURA INCLINADA	Deterioração e envelhecimento do revestimento cerâmico	Inclinação e ventilação insuficiente / Erros de projeto	Desvão habitável	IT sobre e sob nas Vertentes					
		Impactos mecânicos e choques devido a agentes externos naturais ou humanos		Painéis isolantes especiais (integrando varas, forro inferior e isolante térmico)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Manchas de bolor na face interior da laje de esteira, sob desvão fortemente ventilado	Ausência ou insuficiente aquecimento do ambiente interior;		Placas de material isolante fixada à laje inclinada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
		Deficiente isolamento térmico da cobertura	Desvão não habitável	IT sobre a Laje de Esteira					
		Produção de vapor de água no interior da habitação							

		Ventilação insuficiente		Placas ou mantas de material isolante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A espessura do material isolante deve ser dimensionado de acordo com o atual Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação.							
COBERTURA PLANA	Empolamento do revestimento em tela “Auto-protégida”	Deficiente conceção/execução da camada de betonilha	Coberturas acessíveis ou não acessíveis	IT pelo exterior (cobertura invertida/tradicional)			
		Inexistência de juntas de fracionamento, do contorno e de dilatação					
		Inexistência de isolamento térmico		Material isolante térmico sobre a impermeabilização ou isolamento existente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Humidades e infiltrações no revestimento interior das paredes exteriores	Ausência ou deficiente isolamento térmico da platibanda		IT pelo interior (cobertura invertida/tradicional)			
		Deficiência no capeamento da platibanda					
		Existência de fissuras na platibanda		Mantas de isolante térmico (Montagem de teto falso)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A espessura do material isolante deve ser dimensionado de acordo com o atual Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação.							
PAVIMENTO	Degradação do revestimento de madeira do pavimento térreo em contato com o solo	Condensações superficiais	Sobre espaços exteriores (pavimento térreo)	IT na posição intermédia			
		Ausência de uma barreira para-vapor eficaz		Preenchimento dos vazios entre vigotas de pavimentos de madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Ausência de ventilação na caixa-de-ar					
	Deterioração ou manchas de humidade do revestimento de madeira de um pavimento no exterior	Condensação superficial	Sobres espaços exteriores ou não aquecidos	IT na posição inferior ou sobre espaço exterior ou não aquecido			
				ETICS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Deficiente IT do pavimento		Revestimentos isolantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				Tetos falsos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A espessura do material isolante deve ser dimensionado de acordo com o atual Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação.							
VÃOS	Condensações superficiais	Ausência de IT	Colocação de outra caixilharia pelo interior (com um afastamento da primeira que não deverá ser inferior a 10 cm)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			Substituição da caixilharia por outra metálica com corte térmico, em PVC, ou de madeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			Instalação de uma segunda caixilharia interior e introdução de proteção solar exterior nos vãos envidraçados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			Instalação de uma segunda caixilharia interior e introdução de proteção solar interior nos vãos envidraçados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			Instalação de uma segunda caixilharia interior e melhoria do fator solar dos vidros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Desconforto térmico no interior da habitação		Substituição da antiga caixilharia interior por uma nova caixilharia (janelas giratórias e/ou oscilo-batentes) e introdução de proteção solar exterior nos vãos envidraçados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			Substituição da antiga caixilharia interior por uma nova caixilharia (janelas giratórias e/ou oscilo-batentes) e introdução de proteção solar interior nos vãos envidracados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

	Infiltrações de ar: permeabilidade do ar excessiva da caixilharia	Caixilho sem perfis de vedação ou com vedantes degradados e que não colmatam as folgas das juntas	Substituição da antiga caixilharia por uma nova caixilharia e melhoria das características dos vidros		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Caixilho com folgas significativas na junta móvel ou com perfis empenados			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Controlo solar inexistente ou inadequado	Inexistência ou deficiente sistema de sombreamento	Este e Oeste	Minimizar as áreas dos vãos envidraçados: uso de dispositivos de proteção solar permanentes: lâminas de sombreamento com ângulo regulável, porém, na impossibilidade, deverão ter um ângulo de orientação de 45º	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				Uso de árvores de folha caduca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sul			Maximizar as áreas dos vãos envidraçados: uso de dispositivos de proteção solar permanentes: palas horizontais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Norte	Minimizar as áreas dos vãos envidraçados: garantir apenas a ventilação e iluminação natural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
ESTANQUIDEADE AO AR DA ENVOLVENTE EXTERIOR	Infiltrações de ar pela envolvente exterior	Infiltrações de ar pela envolvente	Janelas e portas	Afinação da caixilharia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Fissuração do suporte e do revestimento		Substituição dos materiais de vedação envelhecidos das juntas do vidro-caixilho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Deficiente impermeabilização da ligação do peitoril com a fachada e com a caixilharia		Reparação de qualquer dano em caixilharias das janelas e assegurar que as soleiras, caixilharias fixas das janelas e claraboias fechem bem. Se necessário, mudar os mecanismos de fecho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Portas com fraco desempenho térmico		Substituição da porta por outra com melhor desempenho térmico em paredes exteriores/interiores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Danos em juntas de argamassas e eventuais buracos nas paredes	Paredes	Reparação dos danos em juntas de argamassas e preenchimentos de eventuais buracos nas paredes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				Selar fissuras ao redor de acessórios elétricos encastrados nas paredes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				Reparação de juntas entre paredes e coberturas com beirais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Fissuras em redor das juntas entre o pavimento e as paredes	Pavimentos	Selar o perímetro da habitação de fissuras em redor de juntas entre o pavimento e paredes (especialmente de madeira)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chaminés abertas / abertura do sótão	Cobertura	Assegurar que a abertura do sótão se encontra bem vedada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
VENTILAÇÃO	Produção elevada de vapor de água	Ausência de dispositivos de ventilação / ausência de isolamento térmico	Mecânica com recuperador de calor	Incorporação de ventiladores com diferentes velocidades de entrada (baixa velocidade) e de extração do ar (alta velocidade)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				Pequena central de controlo e ajuste manual do processo de ventilação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Manchas de humidade / odor a mofo "ar pesado"		Natural	Instalação nas fachadas de aberturas permanentes não reguláveis (fixas), reguláveis e autorreguláveis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				Instalação de extração de ar em todos os compartimentos de serviço	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				Instalação de caixilharias com permeabilidade ao ar reduzida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				Instalação de dispositivos de passagem de ar entre os	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

				compartimentos principais e os de serviço			
				Colocação de um ventilador mecânico nas instalações sanitárias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RENOVÁVEIS	Energia solar	Coletores solares térmicos (circulação forçada e termossifão)			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Painéis fotovoltaicos c/ e s/ gerador de apoio			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Energia biomassa	Salamandras ou caldeiras a pellets			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Recuperadores de calor a lenha			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Auxiliar as fontes renováveis com tecnologia de fontes de energias não renováveis						
CLIMATIZAÇÃO E AQS	Climatização: Aquecimento	Substituição do equipamento atual por:					
		Recuperadores de calor ou salamandras			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Ar condicionado com classe energética A ou superior			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Radiadores de baixa inércia/temperatura			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Pisos radiantes			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Efetuar inspeção periódica do equipamento de climatização (pelo menos uma vez por ano)			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Climatização: Arrefecimento	Substituição do equipamento atual por:					
		Ar condicionado com classe energética A ou superior			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Efetuar inspeção periódica do equipamento de climatização (pelo menos uma vez por ano)			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Águas Quentes Sanitárias	Substituição do equipamento atual por:					
		Esquentador com elevada classe energética (A)			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Caldeira de condensação			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Termoacumulador com elevada classe energética (A)			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Bomba de calor Ar-Água com elevada classe energética (A)			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Aplicação ou reforço do isolamento do depósito de acumulação			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Aplicação de isolamento nas tubagens de distribuição			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Efetuar inspeção periódica do equipamento de climatização (pelo menos 1 vez por ano)			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Regulação	Utilização de válvulas termostáticas nos radiadores			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Sistemas domóticos			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ELETRODOMÉSTICOS	Utilização de eletrodomésticos com elevadas classes energéticas (A ou superior)			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desligar a maioria dos eletrodomésticos do "standby"			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

ILUMINAÇÃO	Artificial	Aproveitamento da luz solar sempre que seja possível	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Utilização de cores claras nos acabamentos superficiais interiores: paredes e mobiliário	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Dirigir a luz para onde seja necessária	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Substituição de lâmpadas de baixa eficácia luminosa (incandescentes, halogéneas) por lâmpadas economizadoras de energia (fluorescentes tubulares e compactas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Utilização da iluminação LED	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Substituição de luminárias pouco eficazes por mais recentes e "dimensionadas" para o fim a que se destinam	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Utilização de sensores de presença conjugados com sensores de luz em espaços de ocupação temporária, como WC, corredores, entradas dos edifícios, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Manutenção e limpeza do sistema de iluminação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
USO EFICIENTE DA ENERGIA POR PARTE DO UTILIZADOR	Natural	Envidraçados com orientação preferencial para Sul	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Utilização de cores claras nos acabamentos superficiais interiores: paredes e mobiliário	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Climatização	Temperaturas de funcionamento entre os 18°C a 20°C (estação de aquecimento) e 25°C (estação de arrefecimento)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Equipamentos devem ser desligados quando não se prevê a ocupação do espaço interior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Fechar portas e janelas sempre que os equipamentos estejam em funcionamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ganhos solares	Durante a estação de aquecimento, os dispositivos de sombreamento devem estar abertos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Durante a estação de arrefecimento, os dispositivos de sombreamento devem estar fechados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 6.5 Aplicação a um caso prático

Para comprovar os resultados que se podem obter através da fácil aplicação da ferramenta (a *Checklist*), destinada a auxiliar os profissionais de projeto nas ações de reabilitação energética, apresenta-se de seguida um caso prático.

O edifício alvo de reabilitação é uma moradia térrea sem climatização, localizada no concelho de Cascais, reabilitada em 2004, porém essa ação não incluiu preocupações ao nível da qualidade térmica da envolvente exterior, nem requisitos energéticos para os principais tipos de sistemas técnicos.

De acordo com o certificado de desempenho energético e da qualidade do ar interior, a edifício em causa é classificado com classe energética D, de acordo com o antigo regulamento legal (RCCTE), segundo informações recolhidas no certificado energético com o número CE0000009238628.

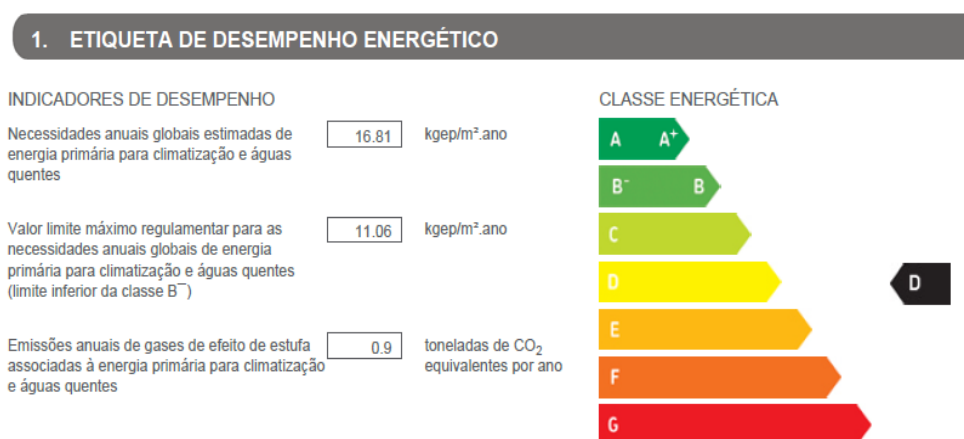


Figura 6.2 - Etiqueta de desempenho energético, extraído de CE0000009238628.

No entanto, de acordo com a atual legislação e como se verificou no presente trabalho, o novo regulamento de desempenho energético de edifícios de habitação – o REH, apresenta requisitos de qualidade térmica da envolvente e de eficiência energética para os principais tipos de sistemas técnicos dos edifícios, mais exigentes e consequentemente a “criação” de um novo padrão de referência, em Portugal. Esta atualização face aos padrões mínimos de exigência de eficiência energética do RCCTE permite concluir que o desempenho energético do edifício em causa, segundo a metodologia de cálculo do REH, aferirá uma classe energética inferior à classe energética (D) atribuída inicialmente.

Tendo como ponto de partida os dados recolhidos no CE, designadamente os valores dos coeficientes transmissão térmica das soluções construtivas existentes, procedeu-se ao recálculo das necessidades de energia do edifício, segundo as alterações nas metodologias de cálculo preconizadas no novo regulamento, o REH. Este cálculo foi realizado com o auxílio da Ferramenta de Cálculo de Aplicação do REH<sup>27</sup>, disponível pelo ITECONS.

<sup>27</sup> FC\_REH\_XML\_v2.25\_20160603

## 5. PAREDES, COBERTURAS, PAVIMENTOS E PONTES TÉRMICAS PLANAS

PAREDES		Coefficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	máximo regulamentar
• Parede exterior - Parede de alvenaria de tijolo com 30 cm	1.1	
• Parede interior - Parede de alvenaria de tijolo (anterior a 1960) com 30 cm	1.97	
COBERTURAS		Coefficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	máximo regulamentar
• Cobertura interior - Laje aligeirada de vigotas pré esforçadas e abobadilha de tijolo com 20 cm	2.25	
PAVIMENTOS		Coefficiente de transmissão térmica superficial (U) em W/m².°C
Descrição da(s) solução(ões) adoptada(s)	da solução	máximo regulamentar
• Não aplicável		

Figura 6.3 - Descrição das soluções existentes e respetivos valores do coeficiente transmissão térmica, extraído de CE0000009238628.

Após aplicação da Ferramenta de Cálculo de Aplicação do REH, apresenta-se de seguida a síntese do balanço energético do presente caso, referente à Situação Existente.

Descrição	Valor	Referência	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m².ano)	152,14	30,49	
Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m².ano)	16,39	13,53	
Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	1783	1783	<b>Ntc/Nt</b>
Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		2,69
Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0		<b>Classe Energética</b>
Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		
Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m².ano)	505,61	187,96	<b>F</b>

Figura 6.4 - Balanço Energético, extraído da Ferramenta de Cálculo da Aplicação do REH – Situação Existente.

Como seria de esperar, as novas metodologias de cálculo do desempenho energético preconizadas na atual regulamentação legal, recaem sobretudo pela promoção do comportamento térmico passivo (através de intervenções de isolamento ao nível da envolvente) e simultaneamente no aumento da eficiência dos sistemas utilizados. Fundamentalmente, tais medidas pretendem reforçar ainda mais o aproveitamento do potencial de redução do custo operacional dos edifícios, promovendo desta forma, o incentivo e disseminação do conceito de edifícios “com necessidades energéticas quase nulas”.

Tendo em conta que o edifício em estudo carece de exigências de qualidade térmica da envolvente, e face às novas alterações (mais exigentes) de cálculo, o desempenho energético do

edifício alvo de reabilitação é mais agravado, sendo assim atribuída a classe energética mais desfavorável – a classe energética F, isto é, mais de 250% do consumo de referência.<sup>28</sup>

Para além do resultado obtido, salienta-se o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento ( $N_{ic}$ ), cujo valor é quatro vezes superior ao valor de referência. Comparativamente com o valor das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento ( $N_{vc}$ ), este encontra-se próximo do valor de referência.

O porquê destes valores podem ser justificados a partir do conceito de inércia térmica. Sabendo que o edifício em causa tem uma elevada inércia térmica, verifica-se portanto, que o edifício tem um comportamento térmico interior dentro dos limites aceitáveis de conforto, durante a estação de arrefecimento. Na estação de aquecimento, este tem um comportamento térmico interior consideravelmente mais desfavorável/fraco, conforme se concluiu nas investigações realizadas por Martín et. al (2010).

Através da aplicação da *Checklist* escolheram-se as seguintes medidas de melhoria energeticamente eficientes, tendo em conta a Estrutura do MBP:

**1. Envolvente Opaca:**

- a. Aplicação de IT pelo exterior, em paredes exteriores;
- b. Correção de pontes térmicas, através da aplicação de IT pelo exterior;
- c. Aplicação de IT na laje de esteira;

**2. Envolvente Translúcida:**

- a. Substituição das caixilharias existentes por caixilharias com corte-térmico;
  - b. Introdução de vidros duplos, com características térmicas melhoradas;
3. Reforço da Estanquidade da envolvente ao ar;
4. Controlo mais eficiente da Ventilação natural, com base na Ferramenta Desenvolvida pelo LNEC designada por: “Aplicação LNEC REH e RECS”, através da introdução de dispositivos de admissão de ar e saídas de ar “viciado”, bem como comunicações permanentes entre os compartimentos principais e de serviço;
5. Introdução de Energias Renováveis destinado à preparação de águas quentes sanitárias, através da introdução de painéis solares térmicos. DGGE (2004)<sup>29</sup>

De seguida, apresenta-se o Quadro 6.2, no qual são referidos os intervalos dos valores de coeficiente de transmissão térmico nas duas fases: a primeira fase (Situação Existente) e segunda fase (Após as Medidas de Melhoria de EE).

---

<sup>28</sup> Necessidades nominais anuais globais de energia primária de cálculo ( $N_{tc}$ ) / Necessidades nominais anuais globais de energia primária de referência ( $N_t$ ).

<sup>29</sup> Informação e valores considerados para o auxílio do cálculo da energia produzida a partir de fontes renováveis.



Quadro 6.2- Valores do Coeficiente de Transmissão Térmica (U), em W/m<sup>2</sup>C

Elementos Construtivos	Situação Existente	Após Medidas de Melhoria de EE <sup>30</sup>
Paredes Exteriores	1,97	0,20 a 0,40
Cobertura	2,25	0,15 a 0,30
Vãos Envidraçados	4,80	2,20

Após a aplicação das medidas de melhoria de eficiência energética integradas na *Checklist* e refeito o cálculo do desempenho energético do edifício em estudo, averiguou-se uma melhoria significativa e com impacto imediato no desempenho energético do edifício.

Descrição	Valor	Referência	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	41,38	32,58	
Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	9,34	13,53	
Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	1783	1783	<b>Ntc/Nt</b> 0,67
Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		
Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	1500	0	<b>Classe Energética</b>
Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		
Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	128,94	193,17	<b>B</b>

Figura 6.5 - Balanço Energético, extraído da Ferramenta de Cálculo da Aplicação do REH – Situação Após Medidas de Melhoria EE.

Face aos resultados obtidos, é notória a redução do valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento comparativamente à estação de arrefecimento. Esta redução em cerca de quatro vezes, em comparação com a Situação Existente resulta fundamentalmente da correção das três principais anomalias que contribuem para a ineficiência energética nos edifícios existentes - a aplicação de isolamento térmico, um sistema de ventilação eficiente e controlado associado à boa estanquidade da envolvente ao ar. De acordo, com estes dois fatores, verifica-se que no caso de edifícios de elevada inércia térmica (como é o caso), embora a envolvente exterior apresente um coeficiente transmissão térmica baixo, porém o fator  $N_{vc}$  não apresenta reduções significativas, face ao valor de  $N_{ic}$ , pelos motivos mencionados anteriormente (conceito de inércia térmica). Por outro lado, a introdução de energias renováveis destinado somente à preparação de águas quentes sanitárias, permite diminuir o consumo de energia final, proveniente de fontes não renováveis.

Posto isto, inicialmente o consumo era superior a 250%, após a ação reabilitação o mesmo consome menos de 30%, comparativamente ao consumo de referência. Neste sentido, o edifício em causa, apresenta uma nova classe energética B, superior à mínima recomendável de B-, cujo limite é

<sup>30</sup> Os valores apresentados são regulamentares, de acordo com o REH.

o mínimo que se aplica a “novos edifícios”, segundo o REH. Por outro lado, está implícita a redução no valor da fatura de energia, bem como a redução significativa de emissões de CO<sub>2</sub>.

Caso se adote este caminho, pelo menos 40% do parque habitacional português, isto é, os edifícios construídos nas décadas de 60, 70 e 80, os quais apresentam necessidades de reparação pequenas e médias serão alvo de reabilitação energética e por sua vez poderão obter uma classe energética mínima recomendável de B-, cujo limite é o mínimo que se aplica a “novos edifícios”. Desta forma, o parque habitacional passa a ser sustentado num paradigma de consumo mais sustentável e por sua vez com níveis de conforto térmico mais elevados e uma melhor qualidade do ar interior.

Concluiu-se portanto que a melhoria do desempenho energético dos edifícios, recai sobretudo pela combinação de medidas de melhoria de tipos de intervenção diferentes e em simultâneo, ou seja, só quando se adota uma determinada medida o efeito da outra é completamente assegurado, conforme se pretendeu demonstrar no decorrer do presente trabalho.

## **6.6 Síntese**

Com este manual pretende-se desenvolver uma contribuição para que a reabilitação energética de edifícios se torne ainda mais eficaz e de rápido crescimento, bem como a sua atividade seja um requisito obrigatório, mesmo quando a sua aplicação se limita à realização de pequenas intervenções de reparação e de manutenção.

O manual não garante uma classificação máxima no desempenho energético do edifício quando se realiza uma das ações de melhoria, mas sim um contributo positivo para o mesmo. O nível de desempenho energético do edifício em estudo dependerá sobretudo da contribuição conjunta das diversas ações de melhoria recomendadas pela *checklist*. Por exemplo, a utilização de uma caldeira de biomassa destinada ao aquecimento de uma habitação sem isolamento térmico, seria uma medida pouco útil, sabendo que à partida a maioria das perdas de calor ocorrem pela envolvente exterior do edifício/habitação.

## 7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

### 7.1 Principais conclusões

O mercado da construção nova encontra-se atualmente saturado, motivando a aposta crescente no mercado da reabilitação de edifícios por parte dos intervenientes do sector da construção.

A maior parte das nossas vidas é vivida nos edifícios, seja em casa, no trabalho ou em outras atividades. Usa-se cada vez mais energia nos edifícios, quer seja para o aquecimento e arrefecimento do ambiente interior do espaço, para a iluminação, eletrodomésticos, etc, sendo estes responsáveis pelo crescente consumo de eletricidade e combustíveis. Na UE, os edifícios são responsáveis por 40% do consumo total de energia e 36% das emissões de dióxido de carbono. Porém, as medidas de melhoria aplicadas na construção nova, não são suficientes para reduzir o consumo de energia e as emissões provenientes do setor residencial, dificultando o cumprimento de metas ambientais.

No início da presente dissertação foram levantadas três questões de investigação, às quais se pretendem dar resposta, em função do trabalho realizado.

- 1) *Quais são as principais anomalias que contribuem para a ineficiência energética nos edifícios habitacionais existentes?*

O desempenho energético do parque habitacional em Portugal, como em Espanha e Itália, apesar de serem recentes, apresentam semelhanças do ponto de vista das necessidades de reabilitação energética. A principal causa deste cenário, deve-se essencialmente a falhas durante a fase de projeto e utilização, associado sobretudo à inexistência de regulamentos legais sobre o desempenho energético das habitações. A maior parte das habitações não apresentam necessidades satisfatórias de conforto térmico para os seus ocupantes, “obrigando-os” à utilização de equipamentos adicionais (de climatização, maioritariamente destinado ao aquecimento) para colmatar o insuficiente ou inexistente isolamento térmico da envolvente.

A falta de isolamento térmico na envolvente opaca e translúcida representam cerca de 71% das principais medidas de melhoria em edifícios de habitação existentes, onde 60% do parque habitacional português certificado está abaixo da classe energética mínima (B-) recomendável, sendo que a década de 70 corresponde à época com o menor desempenho energético dos edifícios. Nesta época construtiva, aproximadamente 85% das habitações possuem classe energética C ou inferior.

- 2) *Qual a importância de um manual de boas práticas de reabilitação energética destinado a melhorar o desempenho energético nos edifícios existentes?*

Em primeiro lugar, a reabilitação energética surge assim como uma necessidade quase “obrigatória” face à ineficiência do atual parque construído e não como uma alternativa à situação atual do setor da construção nova. Neste sentido, a presente dissertação focou-se na análise dos conteúdos de diferentes manuais ou guias no âmbito da reabilitação energética de edifícios existentes no setor residencial, tanto em Portugal, como em Espanha e Itália.

A pertinência e importância da existência de um manual reside em tentar “mover as consciências” e aumentar o interesse dos profissionais de projeto, acerca da eficiência energética. Para além das meras reduções de custos de energia, deve entender-se como uma necessidade estrita e urgente para enfrentar os atuais excessivos consumos de energia.

Um manual pretende assim evitar situações comuns, tais como as intervenções pontuais, realizadas com demasia “liberdade”, onde por vezes ocorrem falhas de ordem técnica, que comprometem ainda mais o estado de conservação do edifício. Por isso, a existência de um manual pretenderá disseminar informações e propostas que permitam aos profissionais, decidirem qual ou quais as soluções mais adequadas, de uma forma acessível e sintetizada para impulsionar as ações de reabilitação energética. O manual pretende ser de aplicação prática em grande parte do parque habitacional português (cerca de 70% do parque, cujos edifícios foram construídos sem exigências térmicas), assegurando e promovendo a anulação de patologias, o aumento do conforto térmico, a diminuição com os custos da energia e por fim o aumento da classe energética.

Num sentido mais generalista, não focando atenção apenas no edifício, a reabilitação será essencial para a revalorização e requalificação dos centros históricos das cidades, nos quais em muitas delas já se encontram desertificadas devido à constante expansão da construção nova na periferia dessas mesmas cidades. Recorde-se que não é por acaso que os melhores edifícios construídos pelos nossos antepassados foram sempre localizados nos locais mais importantes e emblemáticos das cidades, de modo a usufruir das melhores condições geográficas, económicas e sociais.

### *3) Qual será a estrutura mais eficiente para um manual de boas práticas na reabilitação energética de edifícios de habitação?*

A estrutura do manual mais eficiente é difícil de definir com rigor, tendo em conta o tipo de abordagem e análise que foi realizada aos diferentes manuais, no presente trabalho. Para definir tal rigor seria necessário definir soluções e avaliar os seus desempenhos, bem como fazer uma comparação técnica-económica entre as diferentes soluções, no entanto, a integração de soluções num edifício específico está condicionada a outros aspetos, tais como a sua geometria, localização, orientação e tipo de fachadas, ou seja, cada caso é um caso. Sendo assim, optou-se pelo desenvolvimento de uma estrutura (e *checklist*) com base na predominância de conteúdos específicos nos diferentes manuais, indo de encontro com os princípios fundamentais utilizados na conceção de edifícios de elevado desempenho energético, como é o caso do conceito *Passive House*.

Neste sentido, a estrutura mais eficiente passa fundamentalmente pela combinação de medidas de melhoria de tipos de intervenção diferentes em simultâneo, podendo trazer sinergias ao permitir reforçar o efeito de cada uma delas, tendo por outro lado em conta que, por vezes, só quando se adota uma determinada medida o efeito de outra é completamente assegurado. Um exemplo deste efeito ocorre quando a melhoria do isolamento térmico da envolvente do edifício é associada a um controlo adequado do sistema de ventilação existente ou na redução das infiltrações de ar.

Em geral, considera-se que o presente trabalho responde às questões levantadas, sendo por isso um contributo vantajoso na reabilitação energética de edifícios, de aplicação prática no parque habitacional, assegurando e promovendo a anulação de patologias, o aumento do conforto térmico, a diminuição com os custos da energia e por fim o aumento da classe energética.

## **7.2 Desenvolvimentos futuros**

Com o presente trabalho procurou-se de uma forma transversal abarcar todos os procedimentos inerentes ao processo de reabilitação energética com base na pesquisa bibliográfica realizada, contemplando diversos elementos: os conceitos técnicos gerais, a legislação nacional atual, a identificação das principais causas da ineficiência energética e o modo como se pode melhorar o desempenho energético dos edifícios existentes, entre diferentes casos de soluções correntes de reabilitação, de modo a identificar a estrutura mais eficiente para o Manual de Boas Práticas de Reabilitação Energética de Edifícios de Habitação.

Pretende-se que sejam desenvolvidas considerações e conteúdos para as diferentes partes da estrutura do Manual, nomeadamente nos subcapítulos da quarta parte, através da criação de guias de soluções específicas complementares (com processos construtivos pormenorizados), bem como avaliar os seus desempenhos, realizando uma comparação técnica-económica entre as diferentes soluções. Sugerem-se, a título de exemplo, os seguintes guias específicos:

- Soluções de reabilitação de paredes;
- Soluções de reabilitação de coberturas;
- Soluções de reabilitação de pavimentos;
- Soluções de reabilitação de pontes térmicas;
- Soluções de reabilitação de vãos envidraçados;
- Soluções de eficiência energética dos sistemas de ventilação;
- Soluções de eficiência energética das tecnologias de energias renováveis;
- Soluções de eficiência energética de climatização e preparação de águas quentes sanitárias.

Recomenda-se a aplicação da *checklist* a vários um caso de estudo, em contexto real, de forma a permitir quantificar os efeitos do presente trabalho e levantar possíveis melhorias.

## BIBLIOGRAFIA

- ADENE. (2013). *Guia da Eficiência Energética*. Algés, ADENE.
- ADENE. (2013). *Tudo sobre o Certificado Energético da sua Habitação*. Algés, ADENE.
- AELENEI, Daniel. (2010). *Física das Construções: Textos de apoio: Mestrado Integrado em Engenharia Civil 4º Ano; 1º Semestre*. Documento não publicado, Faculdade Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica.
- ENEA (2015). *Agenzia Nazionale Efficienza Energetica*. Retirado de [www.acs.enea.it](http://www.acs.enea.it)
- AGUIAR, J., CABRITA, A. M., & APPLETON, J. (2014). *Guião de Apoio à Reabilitação de Edifícios Habitacionais*. Lisboa: LNEC.
- ALBA INGENIEROS CONSULTORES SL. (2014). *Renovar para consumir menos energía*. Espanha, Fundación de la Energía de la Comunidad Madrid
- ALLARD, F. (2002). *Natural Ventilation in Buildings: A Design Handbook*. London: James & James Science Publishers.
- AI-SANEA, S. A., ZEDAN, M. F., & AL-HUSSAIN, S. (2012). Effect of thermal mass on performance of insulated building walls and the concept. *Applied Energy*, 89, 430-442. doi:10.1016/j.apenergy.2011.08.009
- ÁLVAREZ, E., & RINCÓN, M. (2010). *Potencial de ahorro energético y de reducción de CO2 del parque residencial existente en España en 2020 [PDF]*. Acedido em Junho 4, 2015, em [http://awsassets.wwf.es/downloads/informe\\_potencial\\_rehab\\_vf\\_dic2010.pdf](http://awsassets.wwf.es/downloads/informe_potencial_rehab_vf_dic2010.pdf)
- APA. (2008). *Memorando: Estado do cumprimento do Protocolo de Quioto [PDF]*. 1-18. Lisboa: Agência Portuguesa Ambiente. Acedido em 9 Novembro, 2014, [https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/MARE/steccostclimat/Library/country\\_information/portugal/PQ.pdf](https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/MARE/steccostclimat/Library/country_information/portugal/PQ.pdf)
- APA. (2012). *Cumprir Quioto: Avaliação do cumprimento do Protocolo de Quioto Website*. Acedido Outubro 28, 2014 em [www.cumprirquioto.pt](http://www.cumprirquioto.pt)
- APA. (2014). *Cumprir Quioto: Avaliação do cumprimento do Protocolo de Quioto Website*, Acedido Novembro 5, 2014 em <http://www.cumprirquioto.pt/Home.action>
- Asociación Nacional de Industriales (ANDIMA); Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2008). *Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios. El aislamiento, la mejor solución*. [PDF]. Acedido Maio 7, 2015 em [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10501\\_Guia\\_practica\\_rehabilitacion\\_edificios\\_aislamiento\\_5266ec2a.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10501_Guia_practica_rehabilitacion_edificios_aislamiento_5266ec2a.pdf)
- AZEVEDO, H. (2015). *Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos: Oportunidades de Financiamento [PDF]*. São Brás de Alportel: Portugal2020. Acedido em Julho 10, 2015 em [www.ccdr-alg.pt/site/sites/ccdr-alg.pt/files/eventos/20150525\\_helenaavezedo\\_cdposeur.pdf](http://www.ccdr-alg.pt/site/sites/ccdr-alg.pt/files/eventos/20150525_helenaavezedo_cdposeur.pdf)
- BAGLIVO, C., MARIA CONGELO, P., FAZIO, A., & LAFORGIA, D. (2014). Multi-objective optimization analysis for high efficiency external walls of zero energy buildings (ZEB) in the Mediterranean climate. *Energy and Buildings*, 84, 483-492. doi:doi:10.1016/j.enbuild.2014.08.043
- BOERMANS, T., HERMELINK, A., SCHIMSCHAR, S., GROZINGER, J., OFFERMANN, M., THOMSEN, K., . . . AGGERHOLM, S. (2011). *Principles for Nearly Zero-energy Buildings [PDF]*. Buildings Performance Institute Europe. Acedido em Abril 23, 2015 em [http://www.rehva.eu/fileadmin/news/bpie\\_nzeb\\_study.pdf](http://www.rehva.eu/fileadmin/news/bpie_nzeb_study.pdf)

- BRIBIÁN, I. Z., USÓN, A. A., CARDANO, O. S., & MUNAR, A. (2011). *Development of European Ecolabel and Green Public Procurement Criteria for Office Buildings JRC IPTS Draft Report*. IRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos). Acedido em Maio 3, 2015 em [www.epbd-ca.org/Medias/Pdf/CA3-BOOK-2012-ebook-201310.pdf](http://www.epbd-ca.org/Medias/Pdf/CA3-BOOK-2012-ebook-201310.pdf)
- CABRAL, P. (2013). *O PNAEE 2016 e PNAER 2013-2020: Estratégias para a Eficiência Energética e Energia Renováveis*. Lisboa: DGEG. Acedido em Janeiro 28, 2015 em [http://www.apenergia.pt/uploads/docs/Apresentacao\\_Pedro\\_Cabral\\_Final.pdf](http://www.apenergia.pt/uploads/docs/Apresentacao_Pedro_Cabral_Final.pdf)
- ÇENHEL, Y. A., & BOLES, M. A. (2006). *Thermodynamics: an Engineering Approach* (5ª ed.). (K. A. Roque, Trad.) Gisélia Costa.
- CLÍMACO, N. (2015). Reabilitação, Eficiência e Certificação Energética. *Energua* (9ª ed., pp. 8-10). Construção Magazine.
- CÓIAS, V. (2011). *GECORPA - Grémio do Património [PDF]*. Lisboa: Observatório do Emprego e Formação Profissional. Acedido em Agosto 17, 2014 em [www.gecorpa.pt](http://www.gecorpa.pt)
- COMISSÃO EUROPEIA. (2000). *Livro Verde: Para uma Estratégia Europeia de Segurança do Aproveitamento Energética [PDF]*. Acedido em Dezembro 17, 2014 em [http://www4.fe.uc.pt/maps/selecao-20green-20book-20pubfinal\\_pt.pdf](http://www4.fe.uc.pt/maps/selecao-20green-20book-20pubfinal_pt.pdf)
- COMISSÃO EUROPEIA. (2012). *Compreender as políticas da União Europeia "Europa 2020": a estratégia europeia de crescimento [PDF]*. doi:10.2775/40835
- CORREIA, F. (2008). *Projecto EcoFamílias: Relatório Final [PDF]*. Lisboa: Quercus: Associação Nacional de Conservação da Natureza. Acedido em Setembro 2, 2014 em [http://ecocasa.pt/userfiles/file/documentacao/relatorios\\_projectos/Programa%20EcoFam%C3%ADlias225.pdf](http://ecocasa.pt/userfiles/file/documentacao/relatorios_projectos/Programa%20EcoFam%C3%ADlias225.pdf)
- DECRETO-LEI n.º 118/98 de 7 de Maio do Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território. Diário da República: 1ª série-A - Nº 105 (1998). 2114-2129.
- DECRETO-LEI n.º 40/90 de 6 de Fevereiro do Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Diário da República: 1ª série - Nº 31 (1990), 490-504.
- DECRETO-LEI n.º 53/2014 de 8 de Abril do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Diário da República: 1ª série- Nº 69 (2014), 2337-2340.
- DECRETO-LEI n.º 71/2006 de 24 de Março do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Diário da República: 1ª série-A - Nº 60 (2006), 2209-2210.
- DECRETO-LEI n.º 78/2006 de 4 de Abril do Ministério da Economia e da Inovação. Diário da República, 1ª série-A - Nº 67 (2006), 2411-2415.
- DECRETO-LEI n.º 79/2006 de 4 de Abril do Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Diário de República, 1ª série-A, Nº 67 (2006), 2416-2467.
- DECRETO-LEI n.º 80/2006 de 4 de Abril do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. Diário da República: 1ª série-A - Nº 67 (2006), 2468-2513.
- DECRETO-LEI n.º 118/2013 de 20 de Agosto do Ministério da Economia e do Emprego. Diário da República: 1ª série - Nº 159 (2013), 4988-5005.
- DGEG. (2004). *Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais [PDF]*. Lisboa: DGEG Acedido em Abril 15, 2014, em [http://eficiencia-energetica.com/images/upload/Reabilitacao\\_energetica.pdf](http://eficiencia-energetica.com/images/upload/Reabilitacao_energetica.pdf)
- DGEG. (2013). *Diretiva 2012/27/EU Artigo 7.º: Medidas Políticas Alternativas ao Regime de Obrigação da Eficiência Energética [PDF]*. Lisboa: DGEG. Acedido em Fevereiro 2, 2015 em [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/article7\\_pt\\_portugal.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/article7_pt_portugal.pdf)

- DGEG. (2016). *Energia em Portugal em 2014 [PDF]*. Lisboa: Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Acedido em Março 20, 2016, em <http://www.dgeg.pt/>
- DGGE. (2004). *Utilização de Colectores Solares para Aquecimento de Água no Sector Doméstico [PDF]*. Lisboa: Prime, Programas de Incentivo à Modernização da Economia. Acedido em Julho 25, 2016, em <http://www.aguaquentesolar.com>
- DIRECTIVA 2002/358/CE: Decisão do Conselho relativa à aprovação, em nome da Comunidade Europeia, do Protocolo de Quioto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as alterações climáticas e ao cumprimento conjunto dos respetivos compromissos. (2002). *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, L130/1-L130/20.
- DIRECTIVA 2002/91/CE: Relativa ao desempenho energético dos edifícios. (16 de Dezembro de 2002). *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, L1/65-L1/71.
- DIRECTIVA 2010/31/UE: Desempenho Energético dos Edifícios. (2010). *Jornal Oficial da União Europeia*, L153/13-L153/31.
- DIRECTIVA 2010/31/UE: Relativa ao desempenho energéticos dos edifícios (Reformulação). (18 de Junho de 2010). *Jornal Oficial da União Europeia*, L153-13/L153-35.
- DIRECTIVA 2012/27/UE: relativa à eficiência energética, que altera as Diretivas 2009/125/CE e 2010/30/UE e revoga as Diretivas 2004/8/CE e 2006/36/CE. (25 de Outubro de 2012). *Jornal da Oficial da União Europeia*, L315/1-L315/55.
- EEA. (20 de Maio de 2015). *European Environment Agency*. Obtido de Final energy consumption by sector: [www.eea.com](http://www.eea.com)
- ENEA. (2003). *Risparmio energetico nella casa [PDF]*. Roma: ENEA Acedido em Julho 30, 2015 em [www.enea.it](http://www.enea.it)
- ENERGUIA. (2013). Eficiência Energética nos Edifícios. Em Energuia, *Guia da Eficiência Energética nos Edifícios* (7ª ed., pp. 16-18). Porto: Construção Magazine.
- ENERGY AUDITOR NETWORK (ENFORCE). (2011). *Guida Pratica per i Consumatori - Risparmio ed efficienza energetica negli edifici [PDF]*. Itália: ENFORCE. Acedido em Julho 20, 2015 em [www.enforce-eeen.es](http://www.enforce-eeen.es)
- ETP. (2008). *Energy Technologies Perspectives 2008*. Paris: International Energy Agency.
- EUROCONSTRUCT. (2014). 2015: towards a new cycle for the European construction industry? The risk of a slackening in German growth. *78th Euroconstruct Conference 19 November 2014*, (pp. 1-4). Milão. Obtido em 27 de Dezembro de 2014
- EUROSTAT. (2014). *Energy, transport and environment indicators [PDF]*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Acedido em Janeiro 13, 2015 em doi:10.2785/56625
- EUROSTAT. (2014). *Eurostat: Energy dependence code: tsdcc310*. Acedido Janeiro 10, 2015 em [www.ec.europa.eu/eurostat](http://www.ec.europa.eu/eurostat)
- EVOLA, G., MARGANI, G., & MARLETTA, L. (2011). Energy and cost evaluation of thermal bridge correction in Mediterranean Climate. *Energy and Buildings*, 43, 2385-2393. doi:10.1016/j.enbuild.2011.05.028
- FEIST, W. (2009). *Best practice case-study – The “Passivhaus”*. The Natural Edge Project.
- FERNANDO, A. P. (2009). *O Mercado da Reabilitação - Enquadramento, Relevância e Perspectivas [PDF]*. Lisboa: AECOPS. Acedido em Maio 10, 2014 em [www.aecops.pt](http://www.aecops.pt)



- FREITAS, V. (2015). Eficiência energética e conforto passivo: Conceitos indissociáveis em Portugal. Em *Energia, Guia de Eficiência Energética nos Edifícios* (9ª ed., pp. 1-2). Porto: Construção Magazine.
- GASPARELLA, A., PERNIGOTTO, G., CAPPELLETTI, F., ROMAGNONI, P., & BAGGIO, P. (2011). Analysis and modelling of window and glazing systems energy performance for a well insulated residential building. *Energy and Buildings* 43, 1030-1037. doi:doi:10.1016/j.enbuild.2010.12.032
- GAUNA, J. (2011). *Hacia los edificios sin hipoteca energética: Passivhaus – la casa passiva*. Madrid: Fundación de la Energia de la Comunidad de Madrid.
- GAVIÃO, J. (2014, 23 de Agosto). *Arquitecturas: o Jornal de Negócios das Cidades*. de Opinião de João Gavião: "O Regime Excepcional para a Reabilitação Urbana, uma oportunidade perdida": <http://www.jornalarquitecturas.com/canal/detalhe/opiniao-de-joao-gaviao-o-regime-excepcional-para-a-reabilitacao-urbana-uma-oportunidade-perdida>
- GONÇALVES, H., & GRAÇA, J. M. (2004). *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal [PDF]*. Lisboa: DGGE. Acedido Outubro 21, 2014 em <http://www.lneg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>
- GUERRA, I., PEREIRA, S. M., FERNANDES, M., BOTELHO, P., MARQUES, P., MATEUS, A., . . . FERREIRA, E. (2008). *Relatório 1 - Diagnóstico de Dinâmicas e Carências Habitacionais*. Lisboa: Portal da Habitação. Acedido em Agosto 12, 2014 em <http://habitacao.cm-lisboa.pt/documentos/1234211200O4yJD9xu4Cp62GA2.pdf>
- HENRIQUES, F. M. (1991). *A Conservação do Património Histórico Edificado*. Lisboa: LNEC.
- HENRIQUES, F. M. (2007). *Humidade em Paredes* (4ª ed.). Lisboa: LNEC.
- HENRIQUES, F. M. (2011). *Comportamento Higrotérmico de Edifícios: Textos de apoio: Mestrado Integrado em Engenharia Civil 4º Ano; 1º Semestre. Documento não publicado*. Faculdade Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa: Monte de Caparica.
- IEE. (2014). *EntranZE. U-Values (Floor, Wall, Ceiling, Windows) Web site*. Acedido em Abril 11, 2015 em <http://www.entranze.enerdata.eu/>
- IEE. (2015). *Energy Efficiency Trends and Policies in the Household and Tertiary Sectors: An Analysis Based on the ODYSSEE and MURE Databases*. Intelligent Energy Europe. Acedido em Julho 7, 2015, em <http://www.odyssee-mure.eu/publications/br/energy-efficiency-trends-policies-buildings.pdf>
- INE, I.P. (2012). *Parque Habitacional em Portugal: Evolução na última década 2001-2011 [PDF]*. Lisboa: INE, I.P. Acedido em Maio 15, 2014, em [www.ine.pt](http://www.ine.pt)
- INE, I.P. (2013). *O Parque habitacional e a sua reabilitação - análise e evolução 2001-2011 [PDF]*. Lisboa: INE, I.P. Acedido em Maio 4, 2014 em [www.ine.pt](http://www.ine.pt)
- INE, I.P. (2013). *Retrato Territorial de Portugal 2011 [PDF]*. Lisboa: INE, I.P. Acedido em Julho 17, 2014, em [www.ine.pt](http://www.ine.pt)
- INE, I.P. (3 de Agosto de 2014). *Construção e Habitação - Censos de Habitação e Estimativas - Censos 1970, 1981, 1991, 2001 e 2011*. Retirado de [www.ine.pt](http://www.ine.pt)
- INE, I.P., & DGEG. (2011). *Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010 [PDF]*. Lisboa: INE, IP e LNEC. Acedido em Novembro 14, 2014, em [https://www.ine.pt/ngt\\_server/attachfileu.jsp?look\\_parentBoui=127228533&att\\_display=n&att\\_download=y](https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=127228533&att_display=n&att_download=y)
- INSTITUTE, F. M. (2015). *Weather and climate in Finland Web site*. Acedido em Fevereiro 20, 2015 em <http://en.ilmatieteenlaitos.fi/>

- ITECONS. (2014). *Manual de Boas Práticas – Reabilitação de Edifícios Urbanos [PDF]*. Coimbra: ITeCons – Construção, Energia, Ambiente, Sustentabilidade. Acedido em Abril 30, 2015 em <http://www.itecons.uc.pt/projectos/reabilitacao/index.php?module=sec&id=354>
- ITECONS. (2014). *Manual de Boas Práticas Construtivas*. Coimbra: ITeCons. Acedido em Abril 30, 2015 em <http://www.itecons.uc.pt/projectos/reabilitacao/index.php?module=sec&id=354>
- ITIC. (2008). *O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios: Oportunidades para o sector da Construção: Segmento Residencial [PDF]*. Lisboa: ITIC. Acedido em Março 5, 2015 em <http://www.itic.pt/files/itic/SumExecutivoSCE.pdf>
- ITIC. (2013). *A Construção na Europa - Principais Conclusões do Euroconstruct 76ª Conferência . A Construção na Europa - Principais Conclusões do Euroconstruct 76ª Conferência* , (pp. 2015-2017). Praga.
- JARDIM, F. M. (2009). *Proposta de Intervenção de Reabilitação Energética de Edifícios de Habitação*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia - Universidade do Minho, Portugal.
- LACASTA, N. S., & BARATA, P. M. (1999). *O Protocolo de Quioto sobre Alterações Climáticas: Análise e Perspectivas [PDF]*. Programa Clima e Eficiência Energética. Acedido em Novembro 27, 2014, em <http://ecoreporter.abae.pt/>
- LANHAM, A., GAMA, P., & BRAZ, R. (2004). *Arquitetura Bioclimática: Perspectivas de inovação e futuro [PDF]*. Lisboa: Instituto Superior Técnico. Acedido em Setembro 5, 2014, em [http://www.gsd.inesc-id.pt/~pgama/ab/Relatorio\\_Arq\\_Bioclimatica.pdf](http://www.gsd.inesc-id.pt/~pgama/ab/Relatorio_Arq_Bioclimatica.pdf)
- LOMBARD, L. P., ORTIZ, J., & POUT, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40, 394-398. doi:10.1016/j.enbuild.2007.03.007
- LUSA. (Dezembro de 2009). *Morre-se de frio em Portugal por falta isolamento das casas*. Diário Digital Web site. Acedido em Fevereiro 17, 2015, em [http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?id\\_news=381907](http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?id_news=381907)
- MARTÍN, S., MAZARRÓN, F. R., & CANÃS, I. (2010). Study of thermal environment inside rural houses of Navapalos (Spain): The advantages of reuse buildings of high thermal inertia. *Construction and Building Materials*, 24, 666-676. doi:10.1016/j.conbuildmat.2009.11.002
- MASCARENHAS, J. (2007). *Sistemas de Construção: Contributos para o Cumprimento do RCCTE, Detalhes Construtivos sem Pontes Térmicas, Materiais Básicos (6ª Parte): o Betão (2º ed., Vol. IX)*. Lisboa: Livros Horizonte.
- MINISTRO, P., & GIL, C. (2013). *Relatório Anual do Sector da Construção em Portugal | 2012 [PDF]*. Lisboa: Direção Financeira, de Estudos e de Estratégia, Instituto da Construção e do Imobiliário, I.P. Acedido em Agosto 27, 2014 em [http://www.base.gov.pt/mediaRep/inci/files/oop\\_docs/Rel\\_Anual\\_Constr\\_2012.pdf](http://www.base.gov.pt/mediaRep/inci/files/oop_docs/Rel_Anual_Constr_2012.pdf)
- MINISTRO, P., & GIL, C. (2013). *Relatório Semestral do Setor da Construção em Portugal | 1º Sem. 2013*. Lisboa: Direção Financeira, de Estudos e de Estratégia, Instituto da Construção e do Imobiliário, I.P. Acedido em Setembro 1, 2014 em [http://www.base.gov.pt/mediaRep/inci/files/oop\\_docs/Rel\\_Anual\\_Constr\\_2013.pdf](http://www.base.gov.pt/mediaRep/inci/files/oop_docs/Rel_Anual_Constr_2013.pdf)
- MOITA, F. (1987). *Energia Solar Passiva 1*. Lisboa, Portugal: Imprensa Nacional - Casa da Moeda.
- NUNES, C. (2011). *Perspectivas para o Sector da Construção. Boletim Mensal de Economia Portuguesa [PDF]*. Lisboa: Ministério das Finanças. Acedido em Setembro 15, 2014, em <http://www.gpeari.min-financas.pt/analise-economica/publicacoes/ficheiros-do-bmep/2011/agosto/em-analise/Perspetivas-para-o-sector-da-construcao.pdf>
- OLIVEIRA, C. S., & CABRITA, A. M. (1985). *Tipificação do Parque Habitacional. 1º Encontro de Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação* (pp. 1-13). Lisboa: LNEC.

- ORAZIO, M. D., PERNA, C. D., & GIUSEPPE, E. D. (2010). The effects of roof covering on the thermal performance of highly insulated roofs in Mediterranean climates. *Energy and Buildings*, 10, 1619–1627. doi:10.1016/j.enbuild.2010.04.004
- PAIVA, J. A. (2003). Medidas de Reabilitação Energética em Edifícios. *Reabilitação Energética de Edifícios em Zonas Urbanas: O caso da habitação social [PDF]*. Lisboa: LNEC. Acedido em Outubro 3, 2014 em [http://bibliotecas.utl.pt/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=248009&shelfbrowse\\_itemnumber=215809](http://bibliotecas.utl.pt/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=248009&shelfbrowse_itemnumber=215809)
- PAIVA, J. V., AGUIAR, J., & PINHO, A. (2006). *Guia Técnico de Reabilitação Habitacional*. Lisboa: Instituto Nacional de Habitação e LNEC.
- B., SRUBAR III, W. V., & KRARTI, M. (2015). Energy performance analysis of variable thermal resistance envelopes in residential buildings. *Energy and Buildings* 103, 317-325. doi:10.1016/j.enbuild.2015.06.061
- PASSOS, F. (2012). *Fachadas Eficientes no Desempenho Energético de Edifícios. Seminário Fachadas Energeticamente Eficientes: Contribuição dos ETICS/Argamassas Térmicas [PDF]*. Lisboa: ADENE. Acedido em Maio 19, 2015 em [http://www.apfac.pt/eventos/seminario\\_fachadas\\_energeticamente\\_eficientes\\_2012/1%20Ora dor%20Francisco%20Passos.pdf](http://www.apfac.pt/eventos/seminario_fachadas_energeticamente_eficientes_2012/1%20Ora dor%20Francisco%20Passos.pdf)
- PEREIRA, M., & PATO, I. (2013). *Da habitação social ao arrendamento acessível: (re)habitar (os) alojamentos vagos. O Futuro da Habitação Pública no Estado Social Pós-Crise*. Lisboa: IGOT/IHRU.
- PEREIRA, V. (2013). Isolamento térmico em PassivHaus - fachadas. Em *Energuaia, Guia da Eficiência Energética nos Edifícios* (7ª ed., pp. 32-35). Porto: Construção Magazine.
- PINTO, A. (2010). Reabilitação térmica e energética de vãos envidraçados. Em J. M. Dias, & G. Lopes, *Conservação e reabilitação de edifícios recentes* (1ª ed., pp. 173-202). Lisboa: LNEC.
- PORDATA, INE, I.P. (2014). Habitação, Conforto e Condições de Vida, Alojamentos. Acedido em Maio 20, 2014 em [www.pordata.pt](http://www.pordata.pt)
- PORDATA, INE, I.P. (2014). Habitação, Conforto e Condições de Vida, Edifícios. Acedido em Julho 15, 2014 em [www.pordata.pt](http://www.pordata.pt)
- RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS n.º 1/2008 de 4 de Janeiro de 2008. *Diário da República*, 1ª série - Nº 3, 106-141.
- RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS n.º 2/2011 de 12 de Janeiro de 2011. *Diário da República*, 1ª série - Nº 8, 270-271.
- RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS n.º 20/2013 de 10 de Abril de 2013. *Diário da República*, 1ª série - Nº 70, 2022-2091.
- RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS n.º 29/2010 de 15 de Abril de 2010. *Diário da República*, 1ª série - Nº 73, 1289-1296.
- RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS n.º 93/2010 de 26 de Novembro de 2010. *Diário da República*, 1ª série - Nº 230, 5349-5351.
- RESOLUÇÃO DE CONSELHO DE MINISTROS nº 104/2006 de 23 de Agosto de 2006. *Diário da República*, 1ª série - Nº 162, 6042-6056.
- RODRIGUES, D. (2001). A Evolução do parque habitacional português: Reflexões para o futuro [PDF]. Lisboa: INE, I.P. Acedido em Julho 17, 2014 em [www.censos.ine.pt](http://www.censos.ine.pt)
- SANTOS, A. J. (2010). A iluminação natural e artificial como componentes da reabilitação energética nos edifícios. Em J. M. Dias, & G. Lopes, *Conservação e reabilitação de edifícios recentes* (1ª ed., pp. 5-36). Lisboa: LNEC.

- SANTOS, E., PAULINO, J., SANTOS, M. J., CANAVEIRA, P., BAPTISTA, P., & LOURENÇO, T. C. (2015). ENAAC 2020 - *Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas [PDF]*. Lisboa: Agência Portuguesa do Ambiente. Acedido em Janeiro 14, 2015, em [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt)
- SANTOS, F. (2008). *Eficiência Energética nos Edifícios Residenciais*. Lisboa: EnerBuilding.
- SANTOS, P., MATEUS, P., & FRAGOSO, R. (2013). EPBD Implementation in Portugal: Status at the end of 2012. Em E. Maldonado, *Implementing the Energy Performance of Building Directive (EPBD) - Featuring Country Reports 2012* (pp. 299-306). Porto: IEE. Acedido em Junho 23, 2015 em <http://www.buildup.eu/sites/default/files/content/CA3-National-2012-Portugal-ei.pdf>
- SARBU, I., & SEBARCHIEVICI, C. (2011). Thermal rehabilitation of buildings. *International Journal of Energy, Issue 2, 5*, 43-52.
- SILVA, J. M. (2012). *A ventilação natural como melhoria do desempenho energético de edifícios residenciais*. Dissertação de Mestrado, Faculdade Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Portugal.
- SILVA, L. R. (2007). *Análise técnico/financeira de paredes exteriores em pano simples*. Dissertação de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, Portugal.
- SILVA, V. (2013). *Isolamento térmico de edifícios correntes com poliestireno extrudido [PDF]*. Acedido em Junho 16, 2015 em [www.inovadomus.pt](http://www.inovadomus.pt)
- SILVA, V. (2013). Isolamento térmico em PassivHaus - coberturas. Em Energuia, *Guia da Eficiência Energética nos Edifícios* (7ª ed., pp. 29-31). Porto: Construção Magazine.
- SILVÉRIO, L. (2011). *Energia: Energias Renováveis e Eficiência Energética. O Estado do Ambiente em Portugal e na Europa [PDF]*. Lisboa: DGEG. Acedido em Dezembro 17, 2014, em [www.dgeg.pt](http://www.dgeg.pt)
- SOUSA, H. (1996). *Melhoria do Comportamento Térmico e Mecânico das Alvenarias por Actuação na Geometria dos Elementos - Aplicação a Blocos de Betão e Argila Expandida*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, Portugal.
- SOUSA, H., & LOURENÇO, P. B. (2002). *Alvenaria em Portugal: Situação Actual e Perspectivas Futuras [PDF]*. Porto: Seminário sobre Paredes de Alvenaria. Acedido em Agosto 20, 2014, em <http://www.hms.civil.uminho.pt/events/alvenaria2002/Artigo%20Pag%2017-40.pdf>
- VIEGAS, C. J. (1996). *Ventilação Natural de Edifícios de Habitação* (2ª ed.). Lisboa: LNEC.
- WWF/ADENA (2010). *Potencial ahorro energético y emisiones de CO2 para el parque residencial existente en España en 2020. [PDF]*. Madrid: WWF. Acedido em Julho 21, 2015 em [http://awsassets.wwf.es/downloads/informe\\_potencial\\_rehab\\_vf\\_dic2010.pdf](http://awsassets.wwf.es/downloads/informe_potencial_rehab_vf_dic2010.pdf)
- WWF/ITALIA (2007). *Le barriere all'efficienza energetica nei condomini italiani: Analisi e Proposte D'intervento [PDF]*. Acedido em Setembro 9, 2015 em [http://awsassets.wwf.it/panda.org/downloads/dossierbarriere\\_wwf\\_def.pdf](http://awsassets.wwf.it/panda.org/downloads/dossierbarriere_wwf_def.pdf)

## **ANEXOS**

### **MANUAIS DE REABILITAÇÃO ENERGÉTICA EM PORTUGAL**

#### **A. Manual de boas práticas construtivas – ITECONST**

O “Manual de Boas Práticas Construtivas” surge enquadrado no projeto “Promoção da Eficiência Energética de Edifícios, Sustentabilidade e Conforto Interior – Otimização de Soluções Construtivas”, aprovado no âmbito do Sistema de Apoio a Ações Coletivas e promovido pelo Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção (ITeCons).

Este manual destina-se a alertar os agentes do setor da construção para aspetos relevantes na conceção de edifícios com elevado desempenho, tanto ao nível do conforto higrotérmico, como da eficiência energética. Dada a constante evolução das tecnologias e consequente otimização regular das soluções construtivas aplicadas, este manual visa apresentar orientações e medidas de melhoria, que contribuam para uma correta tomada de decisão e não soluções concretas, aliado ao fato da existência de, por vezes, ocorrerem barreiras e dificuldades de caráter técnico no processo de reabilitação.

O manual em causa é constituído por 12 capítulos:

1. Introdução;
2. Térmica de edifícios;
3. Localização;
4. Envolvente opaca;
5. Envolvente translúcida;
6. Sombreamentos;
7. Catálogo de soluções construtivas eficientes;
8. Qualidade do ar interior – conceitos base;
9. Iluminação;
10. Automação;
11. Utilizador;
12. Considerações finais.

## MANUAL DE BOAS PRÁTICAS CONSTRUTIVAS – ITECONST (A)

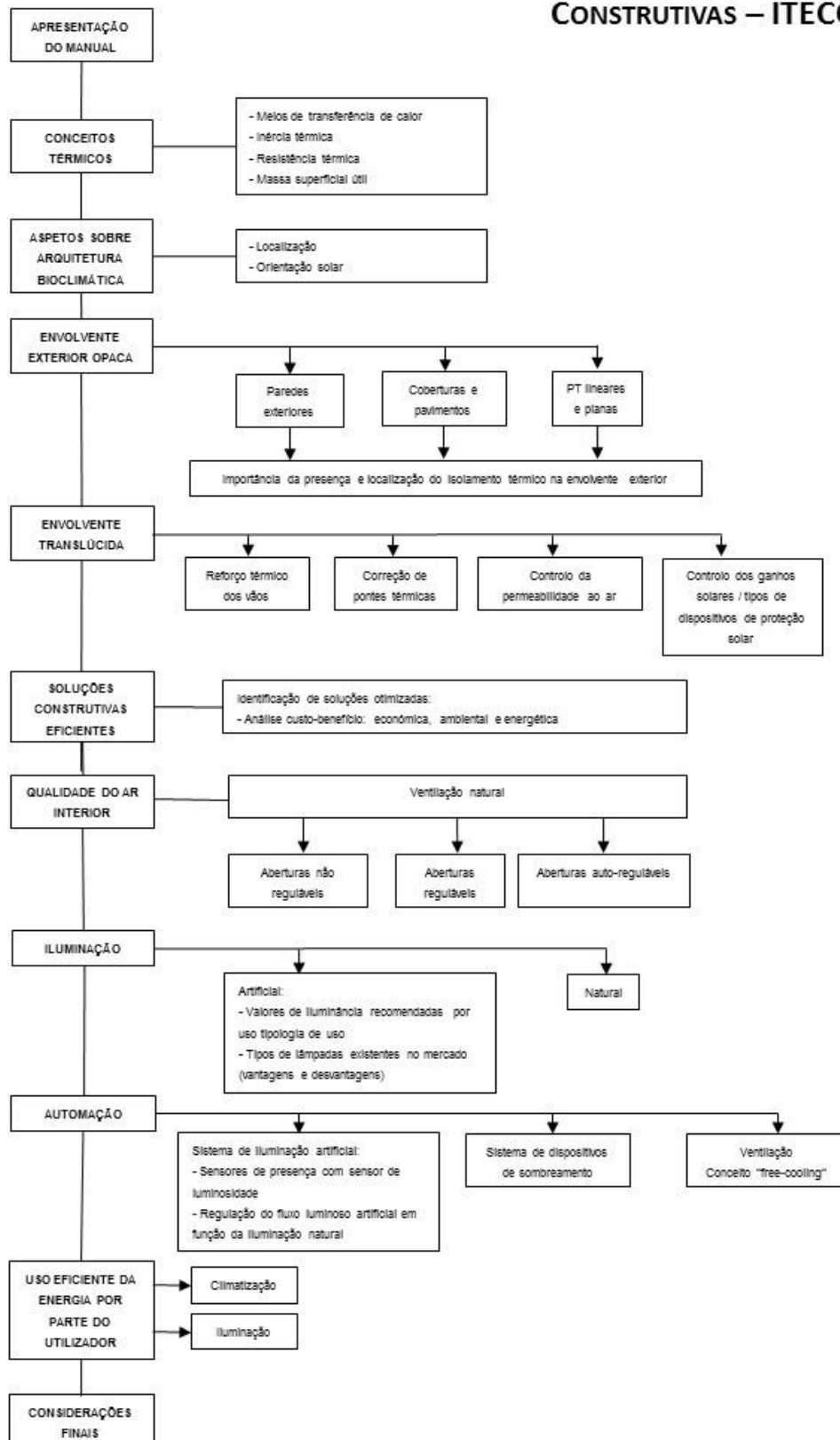


Figura A. 1 - Diagrama da estrutura do manual (A) adaptado (ITECONS, 2014).

O primeiro capítulo refere que o processo de conversão e utilização da energia é responsável pela maior parte das emissões de GEE em Portugal, sendo esta repartida por diversos setores de atividades, particularmente no setor residencial. Também confirma a forte dependência energética do país, em termos de importação de energia, bem como a necessidade de Portugal em cumprir as metas fixadas até 2020.

No segundo capítulo, abordam-se conceitos básicos sobre o comportamento térmico dos edifícios, designadamente os meios de transmissão de calor, a resistência térmica, a inércia térmica, entre outros. Realça a importância do balanço térmico de um edifício, ou seja, as perdas e os ganhos pela envolvente, tornando-se imperativo limitá-los para atingir um nível de conforto higrotérmico adequado, com o mínimo de consumo energético.

O terceiro capítulo diz respeito à localização geográfica do edifício, elemento fundamental na definição das soluções construtivas. Além desta, realça-se a importância da orientação do edifício.

No que diz respeito à orientação do edifício, deve-se privilegiar a orientação a Sul (S) dos vãos envidraçados, sendo esta reduzida ao mínimo quando orientada a Norte (N). A Poente (W) e a Nascente (E) deve-se ter cuidado à dimensão dos vãos, de modo a evitar o sobreaquecimento da habitação durante a estação de arrefecimento. De seguida, apresenta-se o quadro que permite sintetizar, em função da orientação dos vãos envidraçados, a sua respetiva eficiência energética/conforto higrotérmico e as ações que se devem tomar.

Quadro A. 1 - Medidas de eficiência energética segundo a orientação dos vãos envidraçados, adaptado (ITECONS, 2014).

Orientação dos vãos envidraçados	Estação	Eficiência energética / Conforto higrotérmico	Solução
<b>Norte</b>	Inverno	P	Minimização das áreas: garantir apenas a ventilação e iluminação natural
	Verão	B	
<b>Sul</b>	Inverno	B	Maximização das áreas: ganhos solares utilizando elementos de sombreamento
	Verão	P	
<b>Poente</b>	Inverno	P	Minimização das áreas: garantir apenas a ventilação e iluminação natural
	Verão	P	
<b>Nascente</b>	Inverno	P	Minimização das áreas: garantir apenas a ventilação e iluminação natural
	Verão	P	

*Nota.* B-Benéfico e P-Prejudicial.

O quarto capítulo é dedicado exclusivamente à envolvente exterior opaca do edifício, nomeadamente paredes, pavimentos e coberturas, tendo especial atenção às soluções construtivas a aplicar, de forma que o edifício possua um bom comportamento térmico. Este capítulo é dividido, segundo o manual, em três subcapítulos: os elementos verticais, horizontais e as pontes térmicas.

## 1. Elementos verticais

O manual apresenta três exemplos de uma parede simples, com soluções construtivas distintas, embora duas delas indicam o mesmo coeficiente de transmissão térmica (ver Figura A.2). Neste exemplo, pretende-se destacar a importância do isolamento térmico nos elementos verticais,

aumentando a resistência térmica da solução construtiva. Por outro lado, a posição do material isolante determina a capacidade do elemento em absorver calor e a velocidade a que o liberta (inércia térmica).

O manual menciona a importância dos valores de referência de U, em função da zona climática onde se localiza o edifício, para fazer face às recomendações da Diretiva 2010/31/EU, no sentido de se evoluir e criar edifícios de energia quase zero, até 2020. Nesse sentido, o manual apresenta soluções construtivas com valores de U inferiores aos valores de referência, destacando a importância da espessura do isolamento térmico (6 cm ou mais) no desempenho térmico das soluções construtivas.

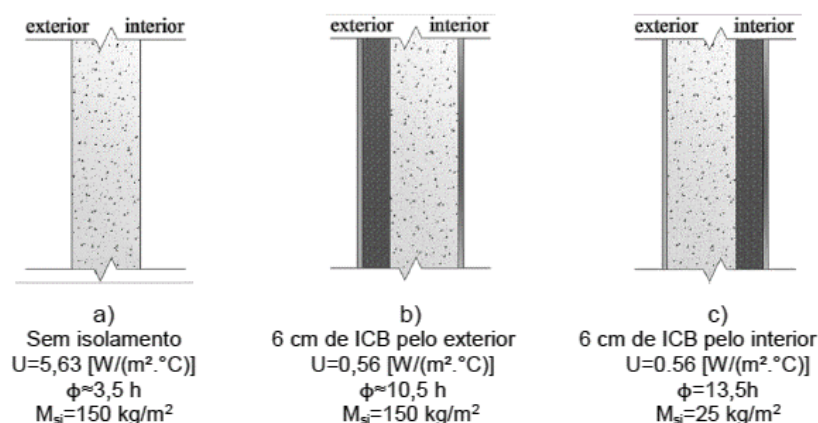


Figura A. 2 - Soluções construtivas distintas, em função da posição do isolamento térmico. (ITECONS, 2014)

## 2. Elementos horizontais

Relativamente aos elementos horizontais, pavimentos e coberturas, a análise e as conclusões são em tudo semelhantes à situação dos elementos verticais.

## 3. Pontes térmicas

No Quadro A.2 são tratadas as pontes térmicas, no qual o subcapítulo define e identifica as mesmas.

Quadro A. 2 - Tipos de pontes térmicas, adaptado (ITECONS, 2014).	
Tipo de Ponte Térmica	Localização
<b>Ponte Térmica Plana (PTP)</b>	Pilares, vigas e caixas de estores, inseridas em zona corrente da envolvente;
	A: Ligação de fachada com varanda;
	B: Ligação de fachada com pavimento sobre não aquecido;
	C: Ligação de fachada com pavimento intermédio;
<b>Ponte Térmica Linear (PTL)</b>	D: Ligação de fachada com cobertura;
	E: Ligação de fachada com varanda;
	F: Ligação entre duas paredes verticais;
	G: Ligação de fachada com caixa de estore;
	H: ligação de fachada com padieira, ombreira e peitoril.



#### 4. Envolvente translúcida

O quinto capítulo é dedicado à envolvente translúcida, sendo esta constituída pelos vãos envidraçados, verticais ou horizontais, neste último caso, as clarabóias. Refere-se também o contributo positivo desta envolvente no conforto humano, pois permite a entrada de luz natural e, simultaneamente, em função da sua área e orientação cardeal no edifício, permite “regular” o balanço térmico da habitação, durante a estação de aquecimento e arrefecimento.

As perdas de calor pela envolvente translúcida são essencialmente por condução, sendo a soma do calor perdido pelo vidro, pela caixilharia e pela ligação linear entre o vidro e a caixilharia. A Figura A.3 apresenta valores médios dos coeficientes de transmissão térmica, para diferentes tipos de vidros e caixilharias.

Vidro			$U_g [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$			
Tipo	Emissividade	Espessuras (mm)	Ar	Árgon	Krypton	Xenon
Duplo	Normal ( $\approx 0,89$ )	4 + 6 + 4	3,3	3,0	2,8	2,6
		4 + 20 + 4	3,1	2,9	2,7	2,6
	Baixa ( $\leq 0,05$ )	4 + 6 + 4	2,5	2,1	1,5	1,2
		4 + 20 + 4	1,5	1,2	1,2	1,2
Triplo	Baixa ( $\leq 0,05$ )	4 + 6 + 4 + 6 + 4	1,6	1,2	0,9	0,7
		4+12+4+12+4	1,0	0,8	0,5	0,5
Simples		-	3,6 – 5,9			


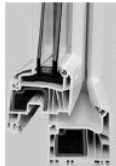
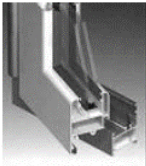
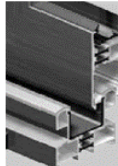
			
$U_f \leq 2,0$ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$	$U_f \leq 2,0$ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$	$4,0 \leq U_f \leq 7,0$ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$	$2,2 \leq U_f \leq 3,8$ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

Figura A. 3 - Coeficientes de transmissão térmica de vidros e caixilharias. Da esquerda para a direita, caixilho em madeira, PVC, alumínio e alumínio com corte térmico. (ITECONS, 2014)

O tipo de vidro, a emissividade, a espessura e o tipo de gás utilizado na câmara formada pelos vidros influencia o comportamento térmico do vidro, sendo o “Ar” o mais desfavorável e o “Xenon” o mais favorável. No caso de janelas com vidros duplos e triplos, é necessário ter especial atenção à ligação entre o caixilho e o vidro, pois a ligação entre estes, isto é, o tipo de espaçador utilizado no perímetro, entre o vidro, influencia o coeficiente transmissão térmica da janela ( $U_w$ ). Portanto, recomenda-se a utilização de espaçadores de rotura térmica (por exemplo, em policarbonato), permitindo uma redução de cerca de 50% nesta ligação.

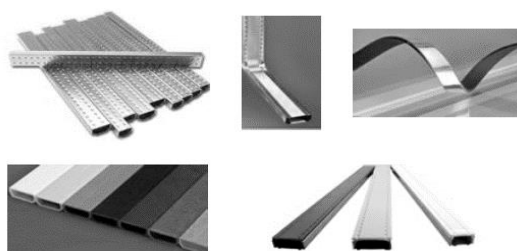


Figura A. 4 - Exemplos de espaçadores para vidros múltiplos. (ITECONS, 2014)

Para além do  $U_w$ , o manual refere a importância de mais dois parâmetros: o primeiro parâmetro designado por coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite ( $U_{wdn}$ ), que é aplicável às janelas de locais com utilização diurna e noturna importante. Neste caso, considera-se a contribuição dos eventuais dispositivos de oclusão exteriores ou interiores (cortinas, persianas, estores, etc.), os quais se consideram totalmente fechados durante a noite. O segundo parâmetro, o fator solar dos envidraçados ( $g$ ) está diretamente relacionado com o controlo da radiação solar através do envidraçado, contudo aquando da avaliação dos ganhos solares, é importante, considerar também o efeito dos dispositivos de proteção solar instalados nas janelas.

Relativamente aos vãos envidraçados horizontais, o manual desaconselha a sua aplicação, devido ao excesso de radiação solar que pode proporcionar ao interior das habitações, porém, no caso de se usar, estas devem ter, preferencialmente, proteções solares exteriores. Aconselha-se no entanto, em detrimento das clarabóias, o uso de envidraçados colocados verticalmente (os lanternins), preferencialmente orientadas a Norte e a Sul.

## 5. Sombreamento

O sexto capítulo explica detalhadamente o processo de incidência da radiação solar num vão envidraçado e quais as suas consequências para as respetivas estações de aquecimento e arrefecimento. O manual apresenta diversas situações de sombreamento nos diferentes quadrantes (Nascente, Sul e Poente) e verifica a sua eficiência. De seguida, apresenta-se a solução mais eficiente, de uma forma mais sintetizada.

Quadro A. 3 - Soluções de sombreamento recomendadas, em função da orientação do vão envidraçado, adaptado (ITECONS, 2014).

Orientação	Soluções de sombreamento recomendadas
Nascente	Uso de dispositivos de proteção solar permanentes: Lâminas de sombreamento com ângulo regulável, porém, na impossibilidade, deverão ter um ângulo de orientação de 45°;
	Uso de árvores de folha caduca, isto é, na estação de aquecimento, devido à ausência de folhagem, permitem a passagem da radiação solar e, na estação de arrefecimento, serve de sombreamento aos vãos envidraçados;
Sul	Uso de dispositivos de proteção solar permanentes: palas horizontais apenas oferecem proteção eficiente nos vãos envidraçados orientados a Sul;
Poente	Uso de dispositivos de proteção solar permanentes: lâminas de sombreamento com ângulo regulável, porém, na impossibilidade, deverão ter um ângulo de orientação de 45°;
	Uso de árvores de folha caduca, isto é, na estação de aquecimento, devido à ausência de folhagem permitem a passagem da radiação solar e, na estação de arrefecimento, serve de sombreamento aos vãos envidraçados.

O sétimo capítulo, apresenta um catálogo de soluções construtivas eficientes, desenvolvidas por software, o qual pode ser consultado através do link: [www.itecons.uc.pt/catalogosce](http://www.itecons.uc.pt/catalogosce), porém este encontra-se em fase de construção. O seu objetivo é possibilitar uma rápida identificação de soluções otimizadas, com indicação das mais-valias face às soluções correntes, quer em termos de contributo para a melhoria do conforto higrotérmico, quer de contributo para a redução dos consumos energéticos, possibilitando ainda a avaliação dos custos para a sua implementação, através de uma análise de custo/benefício, em função da localização do edifício (zona climática).

O oitavo capítulo apresenta a importância do processo de ventilação nas habitações, de modo a garantir uma boa qualidade do ar, evitando deste modo, problemas respiratórios, alergias e desconforto nos ocupantes. Menciona ainda que a ventilação tem essencialmente dois objetivos:

1. Assegurar a qualidade do ar, em que os caudais são reduzidos;
2. Remover as cargas térmicas, durante a estação de arrefecimento, em que os caudais terão que ser superiores.

Neste sentido, o manual apresenta diferentes modelos de ventilação natural<sup>31</sup>, exemplificando a estratégia que se deve adotar para implementar esses mesmos modelos, bem como os seus pontos principais, designadamente aspetos relacionados com o correto posicionamento das janelas/aberturas (de admissão e evacuação de ar). À luz desta realidade, são apresentados alguns exemplos de sistemas de admissão de ar existentes no mercado, podendo ser integrados na caixilharia, nas caixas de estore ou mesmo na fachada. Por sua vez, estas podem ser de abertura fixa ou autorreguláveis. Estas últimas, em função da diferença de pressão entre o ar interior e exterior, promovem uma ventilação permanente de caudal controlado.

Os restantes capítulos (do nono ao décimo primeiro capítulo) abordam medidas direcionadas essencialmente para o utilizador, com o principal objetivo de promover a utilização de energia de forma eficiente e moderada. Menciona questões acerca da iluminação artificial, através da indicação dos prós e contras de diversos tipos de lâmpadas existentes no mercado, bem como os valores de iluminância (mínima, recomendada e ótima), em função da tipologia de uso. O décimo capítulo é destinado à automação ao nível da abertura de janelas, dispositivos de sombreamento, grelhas de admissão e extração de ar. Por fim, o último capítulo é dedicado exclusivamente ao comportamento do utilizador, muitas vezes o principal responsável, pelo elevado consumo energético, porque não adota comportamentos racionais de utilização da energia.

### ➤ **Considerações finais**

O manual analisado sugere essencialmente orientações, através da divulgação de conhecimentos básicos, para avaliação do desempenho de soluções construtivas, tanto ao nível do seu comportamento higrotérmico como da eficiência energética, para que depois, após uma análise

---

<sup>31</sup> Ventilação cruzada, cruzada com arrefecimento evaporativo, arrefecimento por efeito de chaminé e ventilação permanente por abas de ventilação.

pormenorizada e técnica caso a caso, sejam tomadas as corretas decisões e que estas possam ser enquadradas da melhor forma possível.

De uma forma sucinta, apresentam-se as seguintes lacunas:

- Não apresenta uma metodologia de abordagem;
- Não apresenta soluções concretas de reabilitação energética;
- Não apresenta medidas de eficiência energética recorrendo a energias renováveis;
- Restringe-se sobretudo à envolvente exterior do edifício: paredes, coberturas, pavimentos, pontes térmicas e vãos envidraçados;
- Ignora medidas de melhoria da eficiência energética dos sistemas de climatização e AQS;
- A estanquidade da envolvente exterior não é referida;
- Ignora o levantamento das anomalias relacionadas com a ineficiência energética.

## **B. Manual de boas práticas – reabilitação de edifícios urbanos – ITECONS**

O “Manual de Boas Práticas – Reabilitação de edifícios urbanos” está enquadrado no projeto Promoção da reabilitação energeticamente eficiente de edifícios urbanos, promovido pelo ITeCons.

O presente manual tem como principal objetivo dotar os utilizadores, proprietários e agentes da construção, de conhecimentos técnicos que lhes permitam implementar ou exigir boas práticas construtivas, em ações de reabilitação energética e acústica. O sucesso destas ações de reabilitação dependem fundamentalmente da qualidade de diagnóstico efetuado ao edifício. Note-se que apenas serão analisados os aspetos relacionados com as ações de reabilitação energética, porém não se descarta a importância da integridade de medidas de melhoria do foro acústico, aquando uma ação de reabilitação.

O presente manual aborda as seguintes temáticas:

1. Introdução;
2. Comportamento térmico – conceitos;
3. Desempenho acústico – conceitos;
4. Enquadramento da reabilitação de edifícios na regulamentação nacional;
5. Reabilitação – uma ação integrada;
6. Medidas de reabilitação térmica e energética de edifícios;
7. Reabilitação acústica;
8. Uso eficiente de energia por parte do utilizador de edifícios;
9. Auditoria e inspeção nos edifícios;
10. A automação ao serviço da reabilitação energeticamente eficiente;
11. Considerações finais.

# MANUAL DE BOAS PRÁTICAS – REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS URBANOS – ITECONS (B)

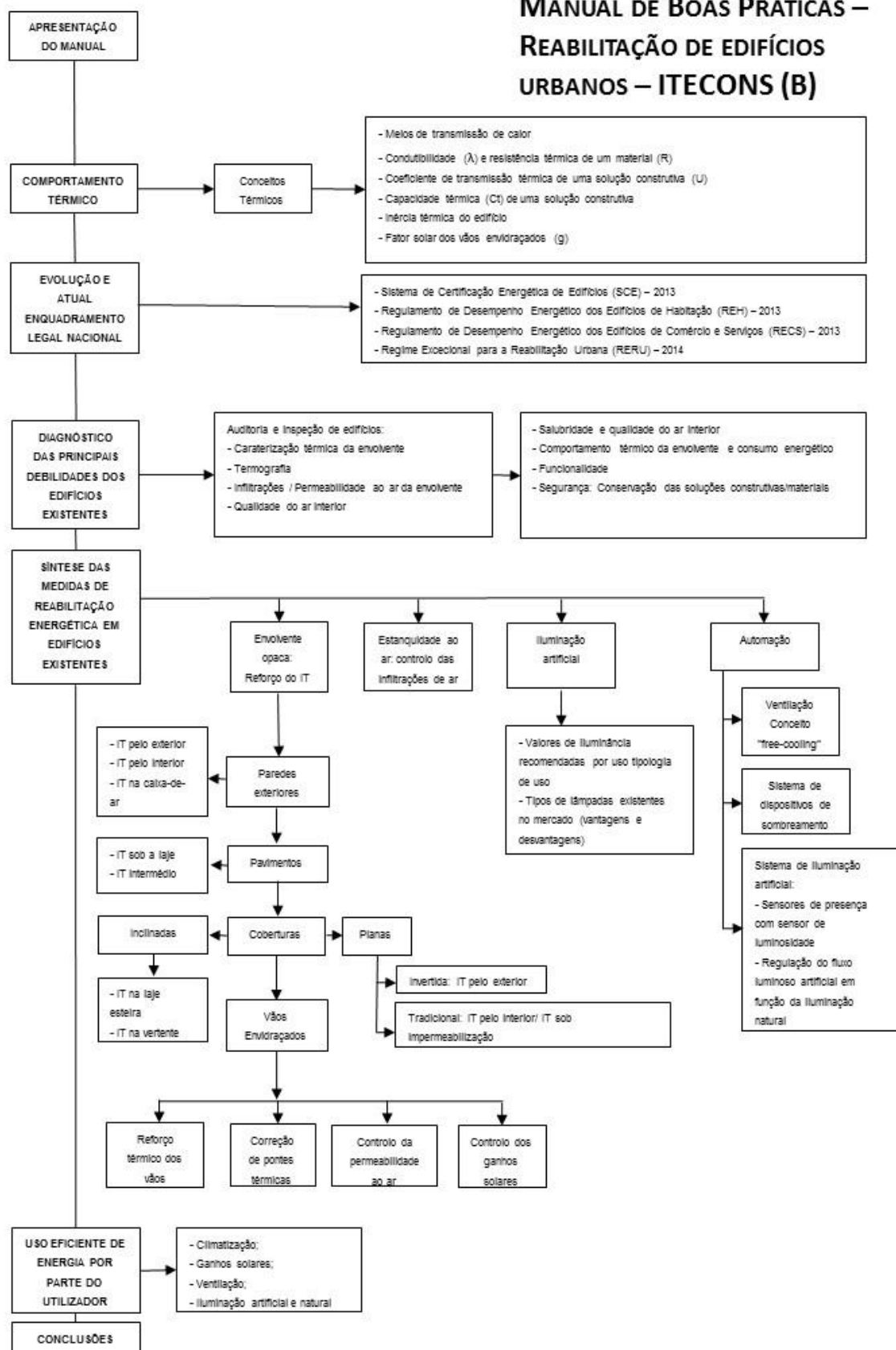


Figura B. 1 - Diagrama da estrutura do manual (B) adaptado (ITECONS, 2014).

No primeiro capítulo, é efetuada uma apresentação da situação do parque habitacional português: tendencialmente envelhecido, mas sobretudo funcionalmente desadequado e carecendo de intervenções, de forma a adaptar os edifícios existentes para padrões de qualidade atuais, visto que, nem sempre, a construção de novos edifícios foram sinónimo de qualidade de construção.

No segundo capítulo, identificam-se os requisitos do projeto de reabilitação térmica, sustentada num conjunto de conceitos e parâmetros que definem o comportamento do edifício, dos quais se destacam os seguintes:

- Meios de transmissão de calor;
- Condutibilidade térmica de um material;
- Coeficiente de transmissão térmica de uma solução construtiva;
- Capacidade térmica de uma solução construtiva;
- Inércia térmica do edifício;
- Fator solar dos vãos envidraçados.

O quarto capítulo enquadra a reabilitação de edifícios na regulamentação nacional, no que concerne ao comportamento térmico e desempenho energético dos edifícios. Neste capítulo, o manual apresenta, resumidamente, a evolução da legislação nacional, aliada ao acompanhamento do desenvolvimento tecnológico e à crescente procura de melhores condições de conforto por parte dos utilizadores dos edifícios.

O quinto capítulo define a ação de “Reabilitação” como sendo um meio para prolongar e ampliar, temporalmente, o valor patrimonial dos edifícios, através da correção funcional e de patologias construtivas. Também cita que uma ação consistente é aquela que é definida por estratégias que integram a seguinte informação sobre:

- Estado de conservação do parque edificado;
- Correção de patologias e debilidades;
- Necessidades;
- Hábitos de consumo.

Uma ação de reabilitação passa por uma fase diagnóstico, para identificar as principais debilidades nos edifícios, sendo este o ponto de alavancagem para estabelecer medidas de melhoria a adotar ao nível da reabilitação. De seguida, indica-se as principais debilidades identificadas nos edifícios existentes:

Quadro B. 1 - Principais debilidades encontradas nos edifícios existentes.

Principais debilidades nos edifícios existentes	Principais anomalias
<b>Salubridade e qualidade do ar interior</b>	Elementos construtivos (Fachadas, janelas, fissuras e pavimentos) apresentam fendas, fissuras ou porosidade, degradação/deformação dos materiais e insuficiente capacidade de impermeabilização; Frac ventilação natural dos espaços, ausência de aberturas de admissão de ar nos compartimentos principais (quartos; salas), impossibilidade de passagem de ar dos compartimentos principais para os de serviço (instalações sanitárias; arrumos; cozinhas), ausência de condutas de evacuação de ar nos compartimentos de serviço;
<b>Comportamento térmico da envolvente e consumo energético</b>	Insuficiente isolamento térmico da envolvente opaca; Fraco desempenho térmico da envolvente envidraçada; Condições inadequadas de aproveitamento da luz solar;
<b>Consumo energético elevado</b>	Existência de pontes térmicas; Controlo desajustado das infiltrações de ar;
<b>Segurança</b>	Ineficiência dos equipamentos; Hábitos de utilização dos equipamentos;
<b>Funcionalidade</b>	Mau estado de conservação dos materiais/soluções construtivas, como por exemplo, deterioração de materiais constituintes da alvenaria; Compartimentos com áreas e volumes relativamente pequenos.

## 1. Envolvente exterior opaca

O sexto capítulo apresenta diversas medidas de reabilitação térmica e energética dos edifícios. O Quadro B.2 apresenta as soluções construtivas típicas nos edifícios existentes, nomeadamente os valores das espessuras e de U.

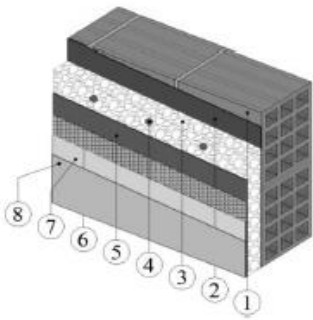
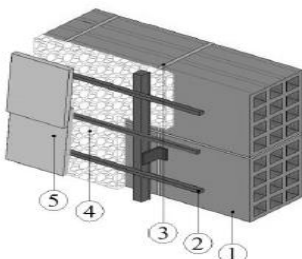
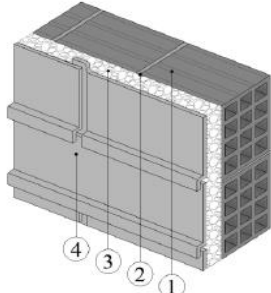
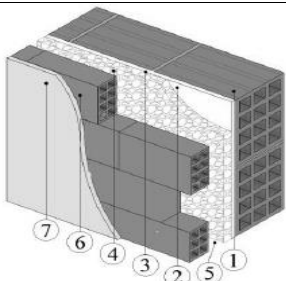
Quadro B. 2 - Valores das espessuras e de U das soluções construtivas típicas em edifícios existentes, em Portugal. (ITECONS, 2014, p. 24)

Parede	Esp. (m)	U [W/(m².C)]
P1 - parede de alvenaria de pedra e argamassa	0,20 a 1,00	3,7 a 1,8
P2 - parede de tabique	-	3,0
P3 - parede simples em alvenaria de tijolo cerâmico ou bloco de betão	0,20 a 0,24	1,9 a 1,3
P4 - parede dupla em alvenaria de tijolo cerâmico ou bloco de betão	0,11 a 0,15	1,4 a 1,0
P5 - parede simples de taipa ou adobe	0,40 a 1,00	1,6 a 0,9
P6 - parede simples em alvenaria de betão celular autoclavado.	0,10 a 0,30	1,4 a 0,6

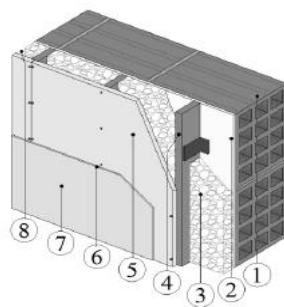
De seguida, apresentam-se as medidas de reforço térmico recomendadas em ações de reabilitação energética.



Quadro B. 3 - Soluções construtivas de reforço térmico em paredes exteriores, adaptado (ITECONS, 2014, pp. 26-28).

Localização do IT	Soluções possíveis	Solução Construtiva de Reforço de Isolamento Térmico
IT pelo EXTERIOR	ETICS	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pano de alvenaria de tijolo, de blocos, de pedra ou parede de betão</li> <li>2. Argamassa de colagem</li> <li>3. Placa de Isolamento térmico</li> <li>4. Fixação mecânica pontual</li> <li>5. Camada de base</li> <li>6. Rede de armadura em fibra de vidro embebida no regularizador</li> <li>7. Camada de base do revestimento</li> <li>8. Revestimento de acabamento</li> </ol>
	Fachada Ventilada	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pano de alvenaria de tijolo, de blocos, de pedra ou parede de betão</li> <li>2. Estrutura de suporte</li> <li>3. Argamassa de colagem</li> <li>4. Placa de isolamento térmico</li> <li>5. Revestimento de acabamento</li> </ol>
	Revestimentos isolantes	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pano de alvenaria de tijolo, de blocos, de pedra ou parede de betão</li> <li>2. Argamassa de colagem</li> <li>3. Placa de isolamento térmico</li> <li>4. Paramento protetor</li> </ol>
IT pelo INTERIOR	Contra-fachada de alvenaria	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pano de alvenaria de tijolo, de blocos, de pedra ou parede de betão</li> <li>2. Revestimento da parede interior</li> <li>3. Argamassa de colagem</li> <li>4. Placa de isolamento térmico</li> <li>5. Caixa-de-ar</li> <li>6. Contra-fachada</li> <li>7. Revestimento de acabamento</li> </ol>

**Contra-fachada  
de gesso  
cartonado ou  
laminado**



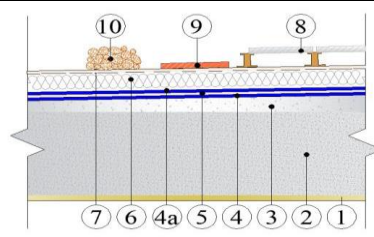
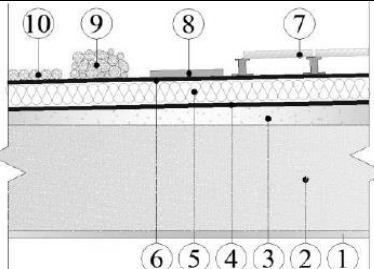
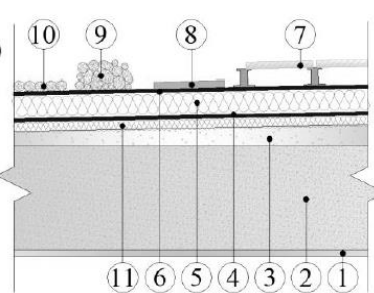
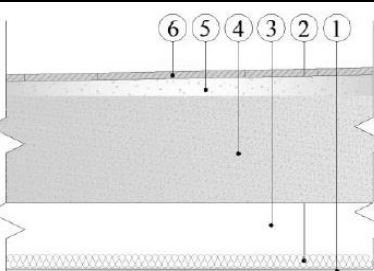
1. Pano de alvenaria de tijolo, de blocos, de pedra ou parede de betão
2. Revestimento da parede interior
3. Placa de isolamento térmico
4. Estrutura de suporte
5. Placa de gesso cartonado
6. Camada de regularização
7. Revestimento de acabamento – gesso laminado

IT na <b>CAIXA-DE- AR</b>	<b>Incorporação de materiais isolantes na caixa-de-ar</b>	Introdução de materiais isolantes soltos ou espuma de poliuretano injetada.
----------------------------------	---	---

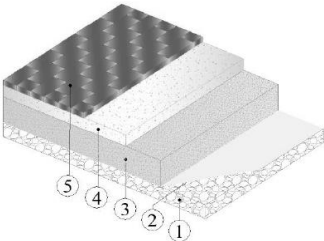
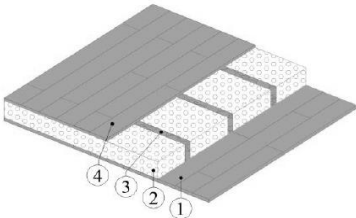
Quadro B. 4 - Soluções construtivas de reforço térmico em coberturas inclinadas e planas, adaptado (ITECONS, 2014, pp. 29-34).

Localização do IT	Solução Construtiva de Reforço de Isolamento Térmico	
IT sobre laje de Esteira Horizontal (sob desvão não habitável)		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revestimento interior</li> <li>2. Laje de esteira</li> <li>3. Placa de Isolamento térmico</li> <li>4. Proteção superior</li> <li>5. Desvão (preferencialmente ventilado)</li> <li>6. Estrutura da cobertura</li> <li>7. Revestimento exterior</li> </ol>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revestimento interior</li> <li>2. Laje de esteira</li> <li>3. Desvão habitável</li> <li>4. Revestimento interior do isolamento</li> <li>5. Placa de Isolamento térmico</li> <li>6. Estrutura da cobertura<sup>32</sup></li> <li>7. Caixa-de-ar fortemente ventilada</li> <li>8. Revestimento exterior</li> </ol>
Localização do IT	Solução Construtiva de Reforço de Isolamento Térmico	
IT pelo exterior - Cobertura Invertida sob proteção pesada		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revestimento interior</li> <li>2. Laje</li> <li>3. Camada de forma</li> <li>4. Impermeabilização existente</li> <li>5. Proteção pesada rígida</li> <li>6. Camada de separação</li> <li>7. Placa de isolamento térmico</li> <li>8. Camada de separação</li> <li>9. Lajetas sobre apoios pontuais</li> <li>10. Proteção rígida</li> <li>11. Seixo rolado ou brita</li> <li>12. Auto proteção da impermeabilização</li> </ol>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revestimento interior</li> <li>2. Laje</li> <li>3. Camada de forma</li> <li>4. Impermeabilização existente <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Nova impermeabilização</li> </ol> </li> <li>5. Camada de separação</li> </ol>

<sup>32</sup> Revestimento contínuo ou descontínuo em função do tipo de suporte da cobertura.

/ ou isolamento existente		6. Placa de isolamento térmico a. Placa isolamento térmico existente 7. Camada de separação 8. Lajetas sobre apoios pontuais 9. Proteção rígida 10. Seixo rolado ou brita
Cobertura Tradicional		1. Revestimento interior 2. Laje 3. Camada de forma 4. Impermeabilização existente 5. Placa de isolamento térmico 6. Nova impermeabilização 7. Lajetas sobre apoios pontuais 8. Proteção rígida 9. Seixo rolado ou brita 10. Auto proteção da impermeabilização
		11. Isolamento térmico existente
IT pelo interior		1. Revestimento interior 2. Isolamento térmico 3. Caixa-de-ar 4. Laje 5. Camada de forma 6. Revestimento exterior

Quadro B. 5 - Soluções construtivas de reforço térmico de pavimentos, adaptado (ITECONS, 2014, pp. 35-37).

Localização do IT	Solução Construtiva de Reforço de Isolamento Térmico
IT sob a laje	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Isolamento térmico</li> <li>2. Barreira para-vapor</li> <li>3. Laje</li> <li>4. Camada de regularização</li> <li>5. Revestimento do piso</li> </ol>
IT Intermédio	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revestimento de teto de espaço não útil</li> <li>2. Isolamento térmico</li> <li>3. Vigotas</li> <li>4. Revestimento de piso</li> </ol>

Relativamente às pontes térmicas (PTP e PTL), estas têm implicações na durabilidade e salubridade dos espaços interiores, e nesse sentido, o manual recomenda o reforço térmico, através da aplicação de isolamento térmico pelo exterior, visto que, desta forma, é possível garantir a continuidade do isolamento na zona da ponte térmica. No caso das caixas de estores, é necessário combinar a aplicação do reforço pelo exterior, com a aplicação do isolante térmico no interior da própria caixa.

## 2. Envolvente translúcida

Além da envolvente opaca dos edifícios existentes, a reabilitação térmica e energética da envolvente envidraçada deve ter em conta o comportamento do edifício, tanto na estação de aquecimento e arrefecimento.

O Quadro B.6 e B.7 sintetiza as medidas de melhoria de eficiência energética para os vãos envidraçados, em função da estação.

Quadro B. 6 - Medidas de melhoria de eficiência energética para vãos envidraçados referentes à estação de aquecimento, adaptado (ITECONS, 2014)

Estação de Aquecimento
<p>Conservação da caixilharia existente com substituição do vidro simples por duplo</p> <p>Introdução de uma segunda caixilharia, pelo interior com um afastamento da primeira janela não inferior a 10 cm.</p> <p>Substituição da caixilharia por uma nova caixilharia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de caixilharia: fixos, giratórios, oscilo-batentes e correr;</li> <li>• Deve-se evitar a subdivisão do vão em pequenas quadrículas.</li> </ul>

Quadro B. 7 - Medidas de melhoria de eficiência energética para vãos envidraçados referentes à estação de arrefecimento, adaptado (ITECONS, 2014)

Estação de Arrefecimento
<p><b>Introdução de proteção solar:</b> introdução de dispositivos de sombreamento, em função da sua localização relativamente ao vão envidraçado – interior ou exterior, fixo ou móveis;</p> <p><b>Melhoria das características solares dos vidros:</b> minimização do fator solar dos vãos, através do conjunto: vidro e dispositivos de proteção solar, em vez da aplicação de vidros coloridos na massa ou refletantes, que apresentam um baixo fator solar e uma baixa transmitância de luz solar.</p>

### 3. Estanquidade da envolvente/controlo das infiltrações de ar

No âmbito da melhoria do desempenho energético das janelas, importa visar a redução das infiltrações de ar não controladas, através das juntas da caixilharia e das caixas de estores, mencionando as seguintes recomendações.

Quadro B. 8 - Medidas de melhoria de eficiência energética no processo de controlo de infiltrações de ar, adaptado (ITECONS, 2014)

Controlo das infiltrações de ar
<p>Manutenção das caixilharias existentes: afinação dos caixilhos, colocação de perfis vedantes nas juntas móveis e/ou substituição dos vedantes na ligação entre o caixilho e o vidro;</p> <p>Introdução de uma segunda caixilharia com permeabilidade ao ar;</p> <p>Adotar janelas giratórias e/ou oscilo-batentes;</p> <p>Vedar juntas da caixa de estore.</p>

### 4. Ventilação

Aquando uma ação de reabilitação, o edifício torna-se mais estanque ao ar e, nesse sentido, o manual sublinha a importância da ventilação e qualidade do ar interior, cujas condições em que se dão as trocas de ar entre o ambiente interior e exterior são determinantes do ponto de vista da eficiência energética. Deste modo, referem-se diferentes modelos de procedimento da ventilação natural dos edifícios, sendo que, recomenda-se que o edifício tenha, pelo menos em cada fachada, uma janela basculante.

Quadro B. 9 - Medidas de melhoria de eficiência energética no processo de ventilação, adaptado (ITECONS, 2014).

Ventilação
<p>Diferentes modelos de processo de ventilação natural: ventilação cruzada, por efeito de chaminé;</p> <p>Instalação de dispositivos de admissão<sup>33</sup> de ar no exterior dos compartimentos principais e saídas de ar “viciado” nos compartimentos de serviço. Aberturas de comunicação permanentes no interior da habitação que permitam a passagem de ar entre os compartimentos principais e os de serviço;</p> <p>Instalação de sistemas de ventilação de extratores e ventiladores, para extração e admissão de ar novo, porém os custos de instalação, manutenção e operação representam um consumo de energia considerável durante a exploração do edifício.</p>

<sup>33</sup> Fixos, reguláveis e auto-reguláveis, neste último caso, permitem promover uma ventilação permanente de caudal controlado.

## 5. Iluminação natural e artificial

O manual alude à importância da iluminação na criação de um ambiente laboral ou de lazer, influenciando a produtividade, a saúde e o bem-estar dos seus ocupantes, salientando que, em grandes edifícios de serviços, a iluminação pode representar cerca de 30% dos gastos energéticos.

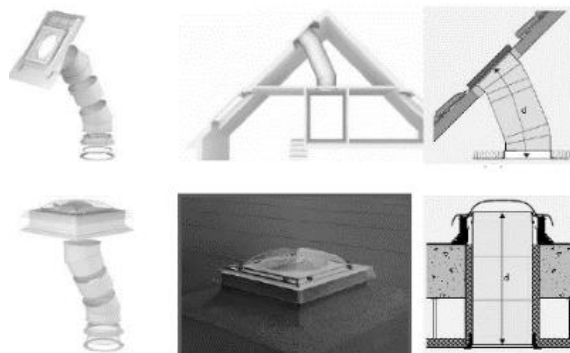


Figura B. 2 - Túneis de luz, instalados em coberturas inclinadas e planas, adaptado (ITECONS, 2014)

Quadro B. 10 - Medidas de melhoria de eficiência energética relativamente à iluminação natural e artificial, adaptado (ITECONS, 2014)

Iluminação natural e artificial
As paredes e tetos devem ser de cor clara para favorecer a reflexão da luz e consequentemente a melhoria da redistribuição espacial;
Uso de pequenas clarabóias ou a utilização de túneis de luz (ver Figura 5.7), quando as divisões apresentam um comprimento superior a duas vezes o seu pé direito;
Gama de iluminância <sup>34</sup> recomendada, consoante a tipologia de uso (ver Figura 5.8 abaixo);
Substituição de lâmpadas de baixa eficácia luminosa por lâmpadas economizadoras de energia (LFT, LFC e LED) <sup>35</sup>
Utilização de sensores de presença conjugados com sensores de luz são uma boa solução para espaços de ocupação temporária, como WC, corredores, entradas dos edifícios, etc.

<sup>34</sup> Iluminância (E) pode ser definida como o fluxo luminoso total incidente numa superfície, por unidade de área. É a medida de como a luz incidente ilumina a superfície. A unidade no sistema internacional (SI) é o lux.

Gama de luminância [lux] Mínima/Recomendada/Óptima	Tipologia de uso
20/30/75	Áreas exteriores de circulação e acesso
50/100/150	Zonas de circulação, locais de visitas de curta duração.
100/150/200	Áreas utilizadas por períodos curtos como local de trabalho, tais como armazéns, vestiários, átrios e ainda situações que requeiram simples verificações.
200/300/500	Tarefas de reduzida acuidade visual (ex: salas de conferências).
300/500/750	Tarefas de média acuidade
500/750/1000	Tarefas de elevada acuidade visual (ex: costura, controlo de qualidade, avaliação de cores, salas de desenho).
750/100/1500	Tarefas que necessitam de muito elevada acuidade visual (ex: montagem de precisão).
100/1500/2000	Tarefas de elevadíssima acuidade visual (ex: gravação manual, inspeção de pormenores).
Superior a 2000	Tarefas de extrema acuidade visual (ex: montagem electrónica de precisão, relojoaria fina e intervenções cirúrgicas).

Figura B. 3 - Gama de iluminância recomendada consoante a tipologia de uso (ITECONS, 2014)

O oitavo capítulo é dedicado ao comportamento do utilizador dos edifícios, ou seja, à forma como este usa a energia. O manual recomenda a adoção de diversos comportamentos racionais de utilização da energia, como se apresentam de seguida:

### 1. Climatização

- As temperaturas de utilização dos sistemas de climatização devem ser de 18°C a 20°C na estação de aquecimento e de 25°C na estação de arrefecimento Verão (ambas temperaturas de conforto);
- Os equipamentos de climatização devem ser desligados quando não se prevê a ocupação do espaço interior por um tempo significativo;
- Quando os equipamentos de climatização estão ligados, devem manter-se todas as portas e janelas fechadas;

### 2. Ganhos solares

- Na estação de aquecimento, as proteções solares dos envidraçados devem estar totalmente abertas, possibilitando a entrada dos raios solares, promovendo o aquecimento por efeito de estufa;
- Na estação de arrefecimento, durante o dia os meios de sombreamento dos envidraçados devem estar ativados, de forma a diminuir a radiação solar incidente;

### 3. Ventilação

- Os edifícios devem ser convenientemente ventilados, de modo a evitar a ocorrência de condensações. Na ausência de ventilação mecânica ou grelhas para ventilação natural, as janelas devem ser abertas diariamente (preferencialmente



em fachadas opostas), mesmo no período de aquecimento, para promover a renovação do ar.

- Durante a noite, na estação de aquecimento, todos os dispositivos de oclusão noturna dos envidraçados devem ser ativados, por forma a reduzir as perdas de calor;
- Na estação de arrefecimento, durante a noite, deve promover-se o arrefecimento, deixando janelas abertas, desde que tal seja possível, em termos de segurança;

#### **4. Iluminação**

- Sempre que possível, recorrer à iluminação natural. Caso não seja possível, apenas devem estar ligadas as lâmpadas necessárias para a obtenção de uma iluminação confortável;
- Adaptar a densidade luminosa ao espaço, evitando elevadas potências;
- As lâmpadas de baixo consumo devem ser preferidas, em detrimento das lâmpadas incandescentes.

O nono capítulo aborda um conjunto de meios de auditoria e inspeção a edifícios com o objetivo de identificar o comportamento do edifício, mas sobretudo eventuais anomalias no ambiente construído. A disponibilidade destas técnicas permitem a execução de estudos de avaliação do comportamento higrotérmico, energético dos edifícios, da salubridade dos espaços, entre outros. Neste capítulo, menciona, para cada um dos meios de auditoria e inspeção, qual o seu objetivo, a metodologia recomendada e cuja avaliação técnica que se pretende alcançar, de modo a retirar resultados e elaborar conclusões.

Este processo de recolha de informação antes da ação de reabilitação é fundamental, porque é desta forma que se conhece o edifício em causa, designadamente as suas principais anomalias (para lá da usual falta de manutenção e/ou envelhecimento natural dos materiais) e conhecer as necessidades de energia, cujos elementos são primordiais para a deteção de oportunidades de melhoria.

O manual destaca as seguintes inspeções:

- Termografia;
- Caracterização térmica da envolvente;
- Infiltrações de ar;
- Qualidade do ar interior;
- Auditoria energética (edifícios de serviço);
- Simulação dinâmica (grandes edifícios de serviços).

#### **➤ Considerações finais**

O manual analisado divulga uma síntese aprofundada de diversas soluções construtivas que pretendem melhorar o comportamento térmico da envolvente exterior dos edifícios existentes, porém o

uso destas soluções pressupõe sempre uma análise cuidada caso a caso, para que as mesmas sejam enquadradas da forma mais eficiente. Este manual apresenta-se bastante completo e constitui um resumo das soluções mais usuais, sendo uma mais-valia na elaboração de um manual de reabilitação.

Após a análise do mesmo, destacam-se as seguintes observações:

- Não apresenta uma metodologia de abordagem de reabilitação energética;
- Refere a importância da deteção de anomalias, para além da falta de manutenção e a própria degradação natural dos materiais;
- Apresenta as principais debilidades do parque habitacional;
- Restringe-se principalmente à envolvente exterior do edifício;
- Não inclui casos de estudos com análises custo/benefício e estimativas de períodos de retorno para as soluções sugeridas;
- Ignora a eficiência energética dos sistemas e instalações;
- Ignora a utilização de fontes renováveis.

### **C. Guias para a reabilitação: isolamento térmico de edifícios correntes com poliestireno extrudido – InovaDomus**

Os Guias para a Reabilitação, pertencentes ao projeto “Cooperar para Reabilitar” executado pela InovaDomus, com o apoio do QREN, têm como objetivo serem orientadores, por especialidades, em ações de reabilitação, promovendo técnicas e boas práticas construtivas no setor da construção.

Estes guias possuem o levantamento das principais anomalias por especialidade e apontam um conjunto de possíveis soluções, produtos e ideias para a sua resolução, de uma forma simples (evitando descrições excessivamente técnicas) e de aplicação prática no parque habitacional existente, por forma a tornar os guias acessíveis a qualquer utilizador, independentemente da sua formação e nível de conhecimento.

Para efeitos da presente dissertação, apenas será analisado o guia referente ao “**Isolamento Térmico**”.

**GUIAS PARA A REABILITAÇÃO:  
ISOLAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS  
CORRENTES COM POLIESTIRENO  
EXTRUDIDO – INOVADOMUS (C)**

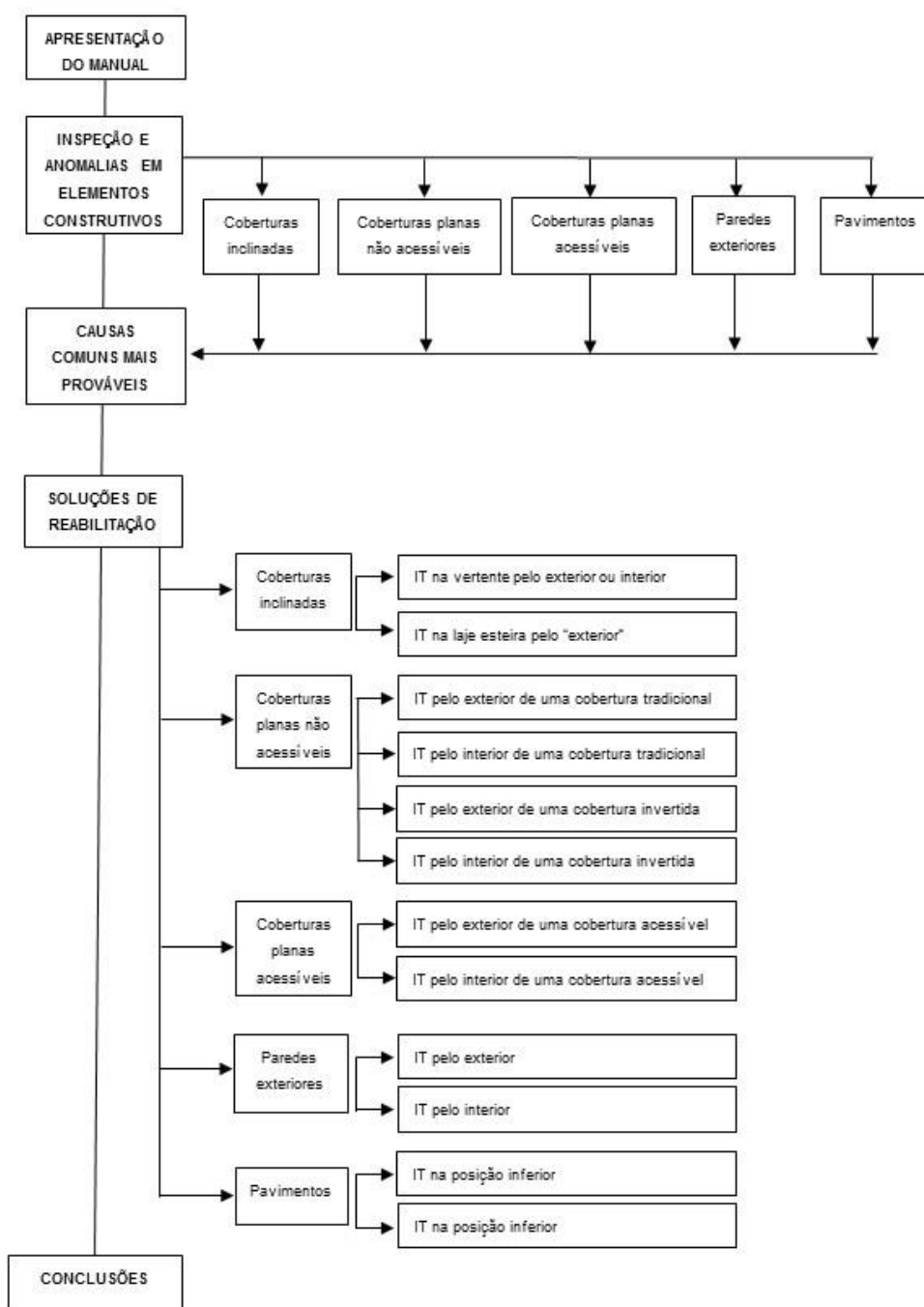


Figura C. 1 - Diagrama da estrutura do manual (C), adaptado (SILVA V, 2013)

Este guia contém medidas de melhoria de reabilitação energética, destinadas à envolvente opaca dos edifícios e considera as estratégias a aplicar para eliminar as principais anomalias e as suas causas, para proteção contra os agentes agressivos e para reforço das características funcionais. Este guia divide-se em cinco capítulos: coberturas inclinadas, coberturas planas não acessíveis e acessíveis, paredes exteriores, paredes interiores e, por último, os pavimentos.

## **1. Coberturas inclinadas**

O primeiro capítulo trata de coberturas inclinadas, mencionando as principais anomalias, as suas possíveis causas e respetivas soluções de reabilitação, que se apresentam de seguida.

### **➤ Deterioração do revestimento cerâmico:**

#### **A. Principais anomalias / formas de manifestação:**

- Alterações de cor e diferenças de tonalidade;
- Existência de fissuras e/ou fraturas;
- Acumulação de detritos, descasque, escamação, etc...;
- Desenvolvimento de vegetação parasitária e colonização biológica;

#### **B. Causas comuns:**

- Ventilação insuficiente do sistema global da cobertura;
- Erros de projeto: inclinação insuficiente da cobertura;
- Erros de execução: assentamento incorreto dos elementos unitários, erros de aplicação em pontos singulares;
- Falta de manutenção: acumulação de poeiras, lixo, folhagem;
- Impactos mecânicos e choques, devido a agentes externos naturais ou humanos;

#### **C. Soluções de reabilitação:**

- Garantir uma adequada ventilação da cobertura, possibilitando a troca de ar húmido por ar seco, permitindo a secagem do revestimento cerâmico e aplicação ou reforço do isolamento térmico. Estas duas ações são indissociáveis;
- Correção da inclinação da pendente, mais simples no caso da estrutura do suporte for contínua, em vez de descontínua. (SILVA V. , 2013)

### **➤ Manchas de bolor na face interior da laje esteira, sob o desvão ventilado:**

#### **A. Principais anomalias/formas de manifestação:**

- Condensações superficiais;

#### **B. Causas comuns:**

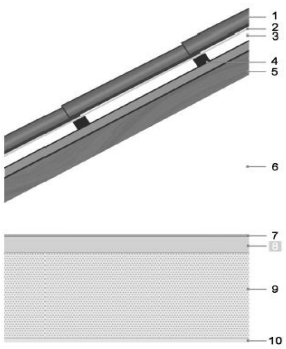
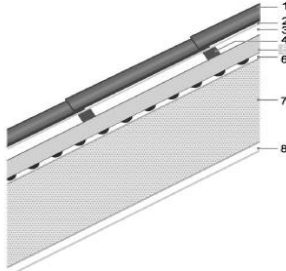
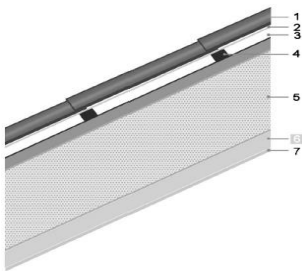
- Deficiente ou inexistente IT na envolvente, ou seja, na cobertura;
- Ventilação insuficiente;
- Ausência ou insuficiência de aquecimento do espaço interior;
- Produção de vapor de água significativa nos espaços abaixo do desvão;

### C. Soluções de reabilitação:

- Introdução de IT sobre a laje de esteira, de forma contínua;
- Garantir um bom nível de aquecimento;
- Garantia de um sistema de ventilação eficiente e global. (SILVA V. , 2013)

De seguida, apresentam-se as medidas de reforço térmico recomendadas em ações de reabilitação energética para os casos anteriores.

Quadro C. 1 - Soluções construtivas de reforço térmico em coberturas inclinadas, adaptado (Silva V., 2013).

Localização do IT	Solução Construtiva de Reforço de Isolamento Térmico	
IT na laje de esteira (desvão não habitável)		<ol style="list-style-type: none"><li>1. Revestimento cerâmico</li><li>2. Subtelha</li><li>3. Caixa-de-ar</li><li>4. Ripado de madeira ou argamassa</li><li>5. Placa de isolamento térmico</li><li>6. Tela de impermeabilização</li><li>7. Laje</li><li>8. Revestimento interior</li></ol>
		<ol style="list-style-type: none"><li>1. Revestimento cerâmico</li><li>2. Subtelha</li><li>3. Caixa-de-ar</li><li>4. Ripado de madeira ou argamassa</li><li>5. Placa de isolamento térmico</li><li>6. Tela de impermeabilização</li><li>7. Laje</li><li>8. Revestimento interior</li></ol>
IT na vertente (desvão habitável)		<ol style="list-style-type: none"><li>1. Revestimento cerâmico</li><li>2. Subtelha</li><li>3. Caixa-de-ar</li><li>4. Ripado de madeira ou argamassa</li><li>5. Laje</li><li>6. Placa de isolamento térmico</li><li>7. Revestimento interior</li></ol>

## 2. Coberturas planas não acessíveis

O segundo capítulo trata de coberturas planas não acessíveis, referindo as principais anomalias, as suas possíveis causas e respetivas soluções de reabilitação, que se apresentam de seguida.

### ➤ Degradação do teto falso em gesso cartonado:

#### A. Principais anomalias / formas de manifestação:

- Gesso cartonado apodrecido;

- Manchas de humidade e bolor;

**B. Causa comuns:**

- Ocorrência de condensações internas;
- Rotura no sistema de impermeabilização, por exemplo, pendentes incorretas, erros de projeto e erros de aplicação do sistema de impermeabilização;
- Erros de execução: assentamento incorreto dos elementos unitários, erros de aplicação em pontos singulares;
- Falta de manutenção: entupimentos;

**C. Soluções de reabilitação:**

- Aplicação de IT pelo exterior ou pelo interior, o guia recomenda a colocação do IT pelo lado exterior sobre o sistema de impermeabilização. (SILVA V. , 2013)

➤ **Empolamento do revestimento em tela “auto-protegida”:**

**A. Principais anomalias / formas de manifestação:**

- Empolamento do revestimento em tela “auto-protegida” em grande parte da zona corrente;
- “Bolsas” de ar na tela, em relação ao suporte;

**B. Causa comuns:**

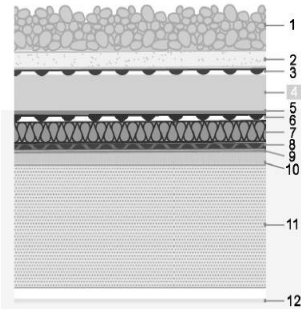
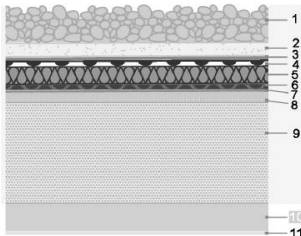
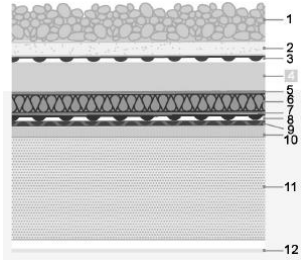
- Incorreta conceção e execução da camada de betonilha: inexistência de juntas de contorno e de dilatação;
- Inexistência de IT;

**C. Soluções de reabilitação:**

- Substituição de todo o sistema de impermeabilização da cobertura, bem como reparação da betonilha e introdução ou reforço do IT sobre sistema de impermeabilização. (SILVA V. , 2013)

De seguida, apresentam-se as soluções construtivas de reforço térmico recomendadas em ações de reabilitação energética para os casos anteriores.

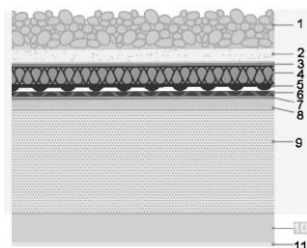
Quadro C. 2 - Soluções construtivas de reforço térmico em coberturas planas não acessíveis, adaptado (Silva V., 2013).

Localização do IT	Solução Construtiva de Reforço de Isolamento Térmico	
IT pelo exterior – cobertura plana tradicional		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proteção mecânica</li> <li>2. Caixa de areia</li> <li>3. Nova impermeabilização</li> <li>4. Nova placa de isolamento térmico</li> <li>5. Lâmina de separação</li> <li>6. Impermeabilização existente</li> <li>7. Isolamento existente</li> <li>8. Barreira para-vapor</li> <li>9. Lâmina de separação existente</li> <li>10. Camada de regularização</li> <li>11. Suporte</li> <li>12. Revestimento interior</li> </ol>
IT pelo interior - cobertura plana tradicional		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proteção mecânica</li> <li>2. Caixa de areia</li> <li>3. Lâmina de separação</li> <li>4. Impermeabilização existente</li> <li>5. Isolamento existente</li> <li>6. Barreira para-vapor</li> <li>7. Lâmina de separação</li> <li>8. Camada de regularização</li> <li>9. Suporte</li> <li>10. Nova placa de isolamento térmico</li> <li>11. Revestimento interior</li> </ol>
IT pelo exterior – cobertura plana invertida		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proteção mecânica</li> <li>2. Caixa de areia</li> <li>3. Lâmina de separação</li> <li>4. Nova placa de isolamento térmico</li> <li>5. Lâmina de separação</li> <li>6. Isolamento existente</li> <li>7. Lâmina de separação</li> <li>8. Impermeabilização existente</li> <li>9. Lâmina de separação existente</li> <li>10. Camada de regularização</li> <li>11. Laje</li> <li>12. Revestimento interior</li> </ol>



---

**IT pelo interior – cobertura plana invertida**



1. Proteção mecânica
  2. Caixa de areia
  3. Lâmina de separação
  4. Isolamento existente
  5. Impermeabilização existente
  6. Barreira para-vapor
  7. Lâmina de separação
  8. Camada de regularização
  9. Laje
  10. Nova placa de isolamento térmico
  11. Revestimento interior
- 

### **3. Coberturas planas acessíveis**

O terceiro capítulo trata de coberturas planas acessíveis, expondo as principais anomalias, as suas possíveis causas e respectivas soluções de reabilitação, que se apresentam de seguida.

➤ **Manifestações de humidade/infiltrações no revestimento interior das paredes exteriores:**

**A. Principais anomalias / formas de manifestação:**

- Manchas de humidade;
- Descascamento da pintura;
- Destacamento parcial da argamassa de revestimento na parede;

**B. Causa comuns:**

- Inexistência ou deficiência de IT da cobertura/platibanda;
- Ocorrência de infiltrações que ocorram na ligação da fachada à cobertura;
- Deficiência no capeamento da platibanda;
- Existência de fissuras na platibanda;

**C. Soluções de reabilitação:**

- Correção do sistema de drenagem e do remate do sistema de impermeabilização da cobertura com a fachada e aplicação correta do IT e do rufo na platibanda. (SILVA V., 2013)

➤ **Manchas de bolor e humidade na face interior da ponte térmica plana:**

**A. Principais anomalias / formas de manifestação:**

- Manchas de humidade;
- Aparecimento de bolores;

**B. Causa comuns:**

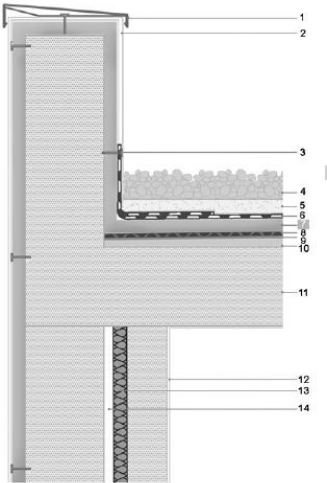
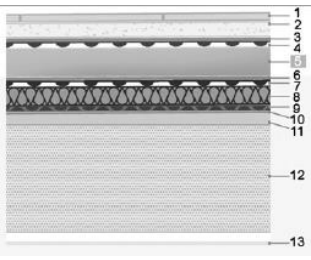
- Inexistência ou deficiência de IT;
- Condensações superficiais;

**C. Soluções de reabilitação:**

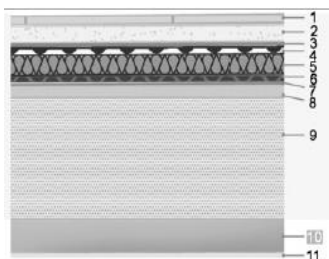
- Aplicação de IT pelo exterior na cobertura (tipo cobertura invertida), pois permite a proteção térmica, mecânica e aos raios ultravioletas da membrana de impermeabilização. (SILVA V. , 2013)

De seguida, apresentam-se as soluções construtivas de reforço térmico recomendadas em ações de reabilitação energética para os casos anteriores.

Quadro C. 3 - Soluções construtivas de reforço térmico em coberturas planas acessíveis, adaptado (Silva V., 2013).

Localização do IT	Solução Construtiva de Reforço de Isolamento Térmico	
Remate de uma cobertura plana com platibanda		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capeamento da platibanda</li> <li>2. Reboco protetor</li> <li>3. Fixação mecânica</li> <li>4. Proteção mecânica pesada</li> <li>5. Caixa de areia</li> <li>6. Impermeabilização</li> <li>7. Nova placa de isolamento térmico</li> <li>8. Barreira para-vapor</li> <li>9. Lâmina de separação</li> <li>10. Camada de regularização</li> <li>11. Laje</li> <li>12. Revestimento interior</li> <li>13. Isolamento existente</li> <li>14. Caixa-de-ar</li> </ol>
IT pelo exterior - Cobertura plana acessível		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proteção mecânica</li> <li>2. Caixa de areia</li> <li>3. Lâmina de separação sob proteção</li> <li>4. Nova impermeabilização</li> <li>5. Nova placa de isolamento térmico</li> <li>6. Lâmina de separação</li> <li>7. Impermeabilização existente</li> <li>8. Isolamento existente</li> <li>9. Barreira para-vapor existente</li> <li>10. Lâmina de separação existente</li> <li>11. Camada de regularização</li> <li>12. Laje</li> <li>13. Revestimento interior</li> </ol>

IT pelo interior - Cobertura  
plana acessível



1. Proteção mecânica
2. Caixa de areia
3. Lâmina de separação sob proteção
4. Impermeabilização existente
5. Isolamento existente
6. Barreira para-vapor existente
7. Lâmina de separação existente
8. Camada de regularização
9. Laje
10. Nova placa de isolamento térmico
11. Revestimento interior

#### 4. Paredes exteriores

O quarto capítulo é dedicado às paredes exteriores, indicando as principais anomalias, as suas possíveis causas e respetivas soluções de reabilitação, que se apresentam de seguida.

➤ **Manchas de bolor em paredes de zonas húmidas<sup>36</sup> e/ou em paredes de zonas não húmidas:**

**A. Principais anomalias / formas de manifestação:**

- Manchas de bolor na ligação da parede exterior com o teto;

**B. Causa comuns:**

- Produção elevada de vapor de água no interior do espaço;
- Ventilação insuficiente do espaço;
- Inexistência ou deficiência IT da envolvente exterior;

**C. Soluções de reabilitação**

- Reforço da ventilação: introdução de grelha de ventilação autorregulável no vão do compartimento, ou introdução de uma abertura para o exterior (se possível) com grelhas de intempéries na parede;
- Reforço do IT das paredes pelo exterior: revestimentos independentes descontínuos com interposição de um IT na caixa-de-ar (fachada ventilada) ou com sistemas compósitos de IT pelo exterior com revestimento sobre isolante (ETICS);
- Reforço do IT das paredes pelo interior com contra fachada em gesso cartonado hidrofugado ou contra fachada de alvenaria com IT no espaço de ar;
- Reforço do aquecimento dos espaços: introdução de sistemas de ar condicionado, com elevado rendimento. Em alternativa, podem ser utilizados aquecedores, radiadores ou outro sistema de aquecimento;

<sup>36</sup> Instalações sanitárias e cozinhas.

- Limpeza das superfícies. (SILVA V. , 2013)

➤ **Manchas de humidade na ligação da parede exterior com duplo paramento e o pavimento:**

**A. Principais anomalias / formas de manifestação:**

- Manchas de humidade ao nível da base da parede no pano interior;

**B. Causa comuns:**

- Infiltrações através de fissuras existentes do pano exterior da parede;
- Inexistência de aberturas de ventilação, ausência de aberturas de drenagem;
- Inexistência de IT ou má execução;

**C. Soluções de reabilitação:**

- Tratamento da fissuração e impermeabilização da fachada;
- Melhorar a ventilação da parede exterior;
- Limpeza e impermeabilização da caixa-de-ar e verificação da correta localização do IT;
- Reforço do IT pelo exterior: ETICS ou fachada ventilada; (SILVA V. , 2013)

➤ **Manchas de humidade na face interior da parede exterior (Ponte térmica plana):**

**A. Principais anomalias / formas de manifestação:**

- Manchas de humidade no paramento interior, mais especificamente nos talões de vigas, pilares e caixas de estore;

**B. Causa comuns:**

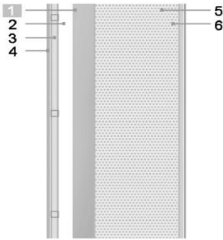
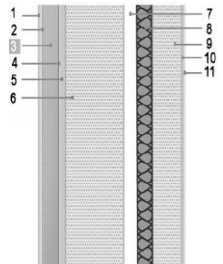
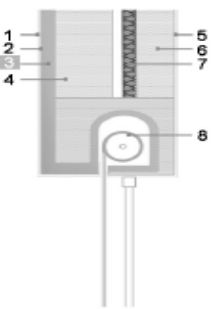
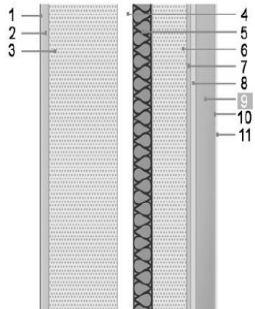
- Condensações superficiais;

**C. Soluções de reabilitação**

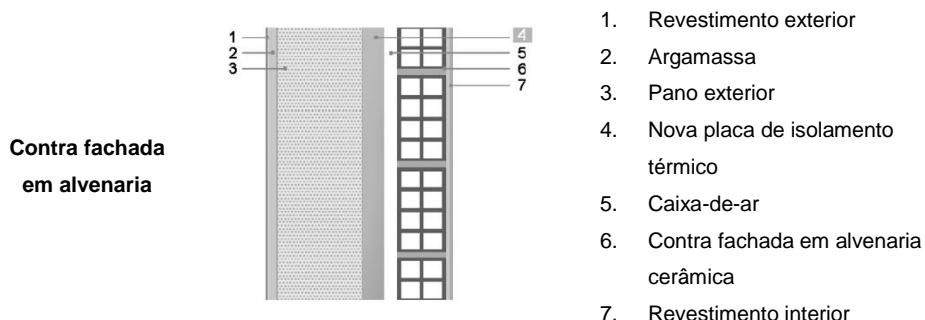
- Introdução de IT pelo exterior: Fachada ventilada ou ETICS, o guia menciona esta solução como a solução mais eficiente, porém estas três medidas podem coexistir;
- Garantir um sistema de ventilação eficiente e global;
- Garantir um bom nível de aquecimento; (SILVA V. , 2013)

De seguida, apresentam-se as soluções construtivas de reforço térmico recomendadas em ações de reabilitação energética para os casos anteriores.

Quadro C. 4 - Soluções construtivas de reforço térmico em paredes exteriores, adaptado (Silva V., 2013).

Localização do IT	Soluções possíveis	Solução Construtiva de Reforço de Isolamento Térmico	
IT pelo exterior	Revestimentos independentes descontínuos		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nova placa de isolamento térmico</li> <li>2. Caixa-de-ar</li> <li>3. Estrutura de suporte do revestimento</li> <li>4. Revestimento exterior</li> <li>5. Parede exterior</li> <li>6. Revestimento interior</li> </ol>
	ETICS		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revestimento exterior do ETICS</li> <li>2. Rede de fibra de vidro</li> <li>3. Nova placa de isolamento térmico</li> <li>4. Reboco existente</li> <li>5. Argamassa existente</li> <li>6. Pano exterior</li> <li>7. Caixa-de-ar</li> <li>8. Isolamento existente</li> <li>9. Pano interior</li> <li>10. Argamassa existente</li> <li>11. Revestimento interior</li> </ol>
	Pontes Térmicas <sup>37</sup>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revestimento exterior</li> <li>2. Rede de fibra de vidro</li> <li>3. Nova placa de isolamento térmico</li> <li>4. Pano exterior</li> <li>5. Revestimento interior</li> <li>6. Pano interior</li> <li>7. Isolamento térmico existente</li> <li>8. Caixa de estore</li> </ol>
	Contra fachada em gesso cartonado		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revestimento exterior</li> <li>2. Argamassa</li> <li>3. Pano exterior</li> <li>4. Caixa-de-ar</li> <li>5. Isolamento existente</li> <li>6. Pano interior</li> <li>7. Argamassa de regularização</li> <li>8. Estrutura existente</li> <li>9. Nova placa de isolamento térmico</li> <li>10. Placa de gesso cartonado</li> </ol>

<sup>37</sup> Considerou-se apenas a ponte térmica plana da caixa de estore como exemplo, no entanto o guia apresenta outras pontes.



## 5. Pavimentos

O quinto capítulo refere-se aos pavimentos, indicando as principais anomalias, as suas possíveis causas e respetivas soluções de reabilitação, que se apresentam de seguida.

### ➤ Deterioração do revestimento de madeira de um pavimento térreo:

#### A. Principais anomalias / formas de manifestação:

- Apodrecimento da madeira;
- Manchas de cor mais escura na zona de fixação;
- Deformação e levantamento das réguas;

#### B. Causa comuns:

- Elevado teor de humidade: ocorrência de condensações internas, devido à inexistência de uma barreira para-vapor;
- Inexistência de ventilação da caixa-de-ar;

#### C. Soluções de reabilitação

- Introdução de uma barreira para-vapor impermeável ao vapor de água e à água líquida e de IT. (SILVA V. , 2013)

### ➤ Deterioração do revestimento de madeira de um pavimento sobre o exterior:

#### A. Principais anomalias/ formas de manifestação:

- Manchas de humidade;

#### B. Causa comuns:

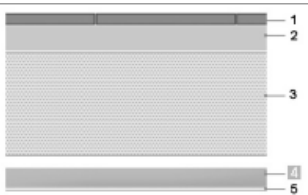
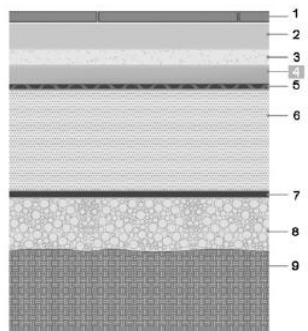
- Condensação superficial;
- Deficiente IT do pavimento;
- Ventilação insuficiente;
- Produção de vapor de água no interior da habitação/compartimento;

#### C. Soluções de reabilitação:

- Aplicação de IT na face inferior do pavimento exterior com respetivo teto falso. (SILVA V. , 2013)

De seguida, apresentam-se as soluções construtivas de reforço térmico recomendadas em ações de reabilitação energética para os casos anteriores.

Quadro C. 5 - Soluções construtivas de reforço térmico em pavimentos, adaptado (Silva V., 2013).

Localização do IT	Solução Construtiva de Reforço de Isolamento Térmico	
IT na posição inferior		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revestimento de piso</li> <li>2. Argamassa de regularização</li> <li>3. Suporte</li> <li>4. Nova placa de isolamento térmico</li> <li>5. Placas do teto falso</li> </ol>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revestimento de piso</li> <li>2. Argamassa de regularização</li> <li>3. Caixa de areia</li> <li>4. Nova placa de isolamento térmico</li> <li>5. Barreira para-vapor</li> <li>6. Laje</li> <li>7. Filme de polietileno</li> <li>8. Caixa de brita</li> <li>9. Terreno natural</li> </ol>

### ➤ Considerações finais

O manual estudado foca a importância do isolamento térmico, em especial, o poliestireno extrudido, em ações de reabilitação, nomeadamente na correção de anomalias, muitas delas originadas pela ausência ou insuficiência de isolamento térmico aplicado à envolvente exterior nos edifícios.

Como o manual anterior, este também apresenta várias soluções construtivas em função da sua eficiência energética, bem como a pormenorização de zonas de remate, consideradas como as mais propícias a desenvolver anomalias. Destacam-se algumas observações:

- Restringe-se à envolvente exterior, coberturas, pavimento e paredes exteriores;
- Apresenta soluções de reabilitação energética, partindo do conhecimento das anomalias existentes e das suas possíveis causas;
- Pormenores construtivos extremamente detalhados e completos, quer ao nível do processo escrito teórico, quer ao nível do rigor do desenho técnico.





**D. Renovar para consumir menos energia – rehabilitación energética de edificios y viviendas e moradias**

O guia “Renovar para Consumir Menos Energia” elaborado por Alba Ingenieros Consultores, S.L., divulgado pela Fundacion de la Energia de la Comunidad de Madrid. (ALBA INGENIEROS CONSULTORES SL, 2014)

Este guia é constituído por nove capítulos, cujos títulos se mencionam de seguida:

1. Apresentação;
2. Introdução;
3. Razões para haver uma reabilitação energética;
4. O consumo de energia nas moradias;
5. Os benefícios da reabilitação energética;
6. A chave da reabilitação energética: reduzir o consumo de energia;
7. A eficiência energética das instalações;
8. Medidas de eficiência energética recomendadas;
9. Perguntas frequentes sobre a reabilitação e a certificação energética dos edifícios.

# **RENOVAR PARA CONSUMIR MENOS ENERGIA – REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS Y VIVIENDAS E MORADIAS (D)**

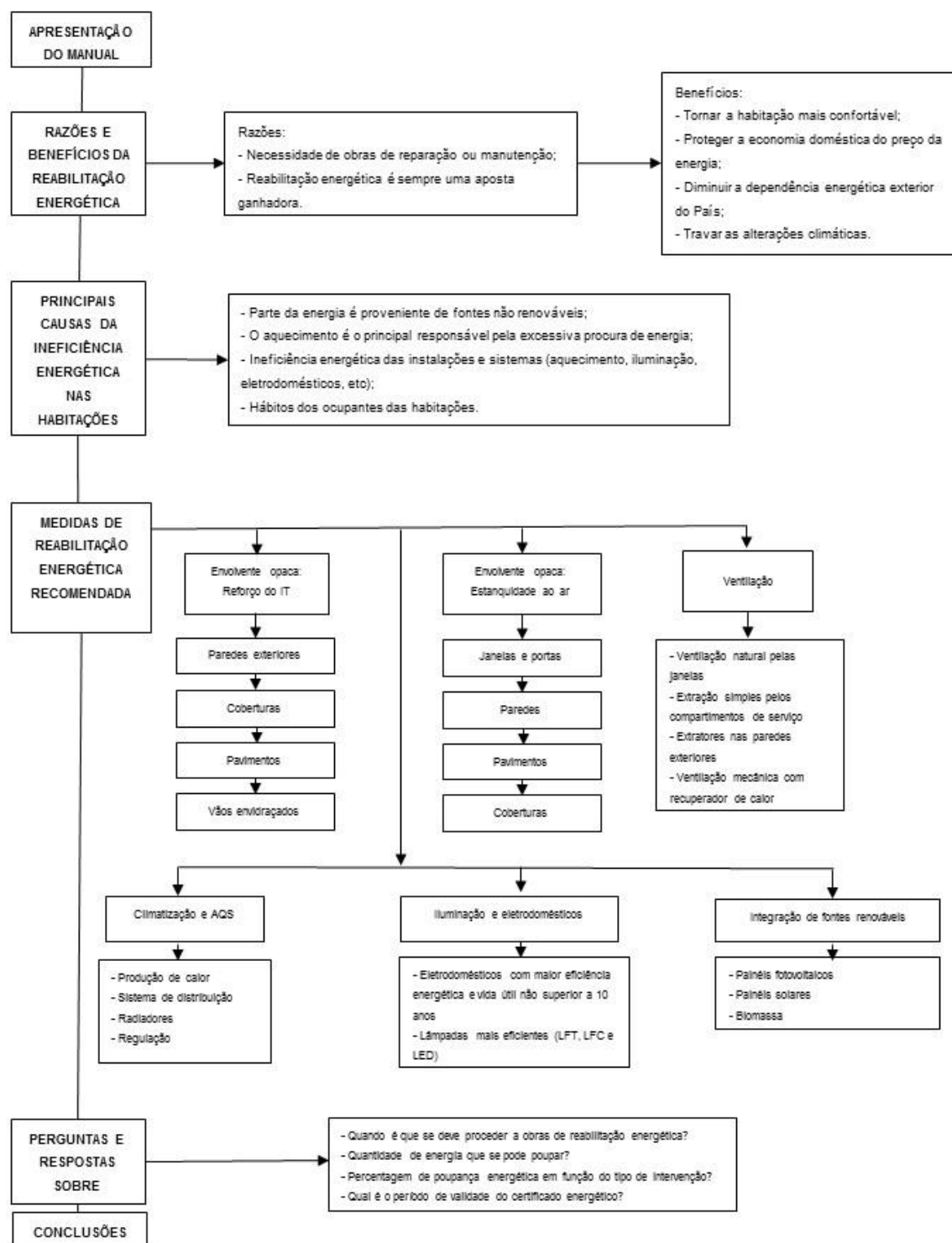


Figura D. 1 - Diagrama da estrutura do manual (D), adaptado de (ALBA INGENIEROS CONSULTORES SL, 2014).

O primeiro e segundo capítulo apresentam as razões pelo qual é elaborado este guia: o elevado consumo de energia do setor residencial, correspondendo a 24% do consumo de energia final, o elevado envelhecimento dos edifícios existentes e, conseqüentemente, o fraco ou deficiente desempenho energético do parque habitacional, para além das graves repercussões locais e globais, ao nível do ambiente, que advêm do consumo excessivo. Portanto, o mesmo tem como objetivo: impulsionar e desenvolver o interesse por intervenções destinadas à reabilitação energética de edifícios, isto é, pretende dar uma resposta energeticamente eficiente às habituais obras de reparação e manutenção dos edifícios e, ao mesmo tempo, consciencializar a população para a necessidade urgente de poupança de energia, por motivos socioeconómicos e ambientais.

O terceiro capítulo menciona especificamente as razões que levam à necessidade de haver uma reabilitação energética conforme o Quadro D.1.

Quadro D. 1 - Razões e benefícios associados à reabilitação energética, em Espanha. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).

Razões para haver uma reabilitação energética	Benefícios associados à reabilitação energética
60% das moradias existentes foram construídas antes de 1980 e contam com isolamentos deficientes ou ausência do mesmo;	Proporciona maior conforto interior das habitações;
Introdução de medidas de reabilitação energética, incorporando novos materiais e sistemas construtivos colmatando o deterioramento e funcionalidade.	<p>Redução da fatura energética;</p> <p>Redução das emissões de CO<sub>2</sub> e consumos dos combustíveis fósseis;</p> <p>Valorização do valor da moradia aquando do ato de venda ou arrendamento;</p> <p>Amortização ano após ano. Recupera-se o dinheiro investido através da redução da energia consumida.</p>

O quarto capítulo trata sobre a evolução do consumo de energia no setor residencial, cujo manual cita que, nos últimos vinte anos, registou-se um aumento de cinco vezes superior ao aumento da população e cujo consumo de eletricidade quase triplicou, entre 2000 e 2010. Significa isto que, o consumo energético das famílias contribuiu aproximadamente em 20% nas emissões GEE, quase tanto como o setor da indústria (34%). O guia apresenta diversas razões que tendem a explicar o porquê destas elevadas emissões de CO<sub>2</sub>, bem como o elevado consumo do parque edificado espanhol.

Uma das razões consiste na maior parte da energia ser proveniente de fontes não renováveis, baseando-se em combustíveis fósseis, onde somente 33% da produção de eletricidade é proveniente de fontes renováveis. Outra razão está associada à forte procura de energia e à forma como esta é utilizada, referindo que quase metade da energia se dedica a manter o conforto térmico das habitações. O resto destina-se, principalmente aos eletrodomésticos, fundamentalmente ao frigorífico, representando cerca de 62% do consumo. Por vezes, o uso do ar condicionado proporciona a ocorrência de picos no consumo de eletricidade e por fim, as AQS, a cozinha e iluminação.

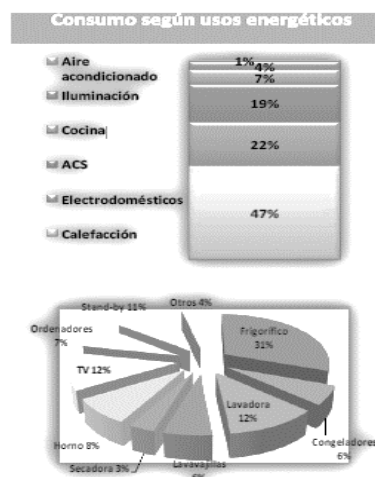


Figura D. 2 - Distribuição do consumo de energia, segundo os diferentes tipos de usos domésticos. (ALBA INGENIEROS CONSULTORES SL, 2014)

O consumo de energia nos edifícios existentes depende fundamentalmente de três fatores principais, como se pode ler na Quadro D.2.

Quadro D. 2 - As três principais razões do consumo de energia nos edifícios existentes, em Espanha, adaptado (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).

Consumo de energia nos edifícios existentes espanhóis	
<b>Procura energética</b>	Diminuir a quantidade de energia necessária para conseguir as condições de conforto desejadas, isto é, atingir igual conforto com menos energia melhorando as características do edifício.
<b>Rendimento</b>	Promover eletrodomésticos com maior eficiência energética;
<b>Gestão de uso</b>	Adquirir hábitos mais eficientes: apagar as luzes, desligar o modo “stand-by”, etc...

O quinto capítulo indica os benefícios da reabilitação energética, do ponto vista económico e ambiental. Neste, Espanha é mencionado como um país que importa quase 80% da sua energia, representando uma forte dependência energética do exterior. Significa que, qualquer ação de poupança energética, é benéfica para o consumidor, mas também para a economia do país e para o meio ambiente global, ou seja, consumir menos energia significa menor gasto na importação de recursos energéticos e menores emissões de CO<sub>2</sub>. Assim, o custo anual para aquecer 100 m<sup>2</sup> é de cerca de 2.210€ para habitações anteriores a 1975, em comparação com os 120€ correspondendo aos edifícios de baixo consumo. A reabilitação energética pode dar respostas a estes problemas.

No sexto capítulo, (ver Figura D.3 e Quadro D.3 abaixo), o manual apresenta uma abordagem para uma reabilitação energética eficiente:

1. Controlar o máximo de perdas no Inverno (e os ganhos no Verão) através da envolvente exterior;
2. Controlar as infiltrações de ar, aumentando assim a estanquidade do edifícios;
3. Implementação de sistemas de ventilação controlada;
4. Substituição dos eletrodomésticos por outros mais eficientes;
5. Implementação de sistemas de aproveitamento de energia solar e de biomassa.



Figura D. 3 - A chave para uma reabilitação energética eficaz. (ALBA INGENIEROS CONSULTORES SL, 2014)

Quadro D. 3 - Medidas de melhoria de reabilitação energética recomendadas de edifícios existentes, adaptado (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).

Elemento do edifício	Medidas de melhoria de reabilitação energética recomendadas
1. <b>Fachadas</b>	Sempre que possível, deve-se aplicar isolamento térmico ( $0,20 \leq U \leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ );
2. <b>Coberturas</b>	Aplicação de isolamento térmico ( $0,16 \leq U \leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ );
3. <b>Solos</b>	Aplicação de isolamento térmico ( $0,31 \leq U \leq 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ );
4. <b>Janelas e Portas</b>	As portas novas devem ter um valor máximo de $U = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; As janelas (vidro + caixilharia) devem ter no máximo separadamente um $U \leq 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ e o fator solar do vidro no máximo $g \leq 0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
5. <b>Ventilação e estanqueidade</b>	Redução das infiltrações de ar indesejadas nas janelas, fissuras nas paredes; Instalação de sistemas de controlo do caudal de ventilação, se possível, com recuperador de calor;
6. <b>Climatização e AQS</b>	Sistemas de climatização de alta eficiência energética (caldeiras, radiadores e equipamentos de ar condicionado); Sistema de regulação avançado;
7. <b>Iluminação e eletrodomésticos</b>	Instalação de lâmpadas de baixo consumo energético; Escolha de eletrodomésticos com alta eficiência energética;
8. <b>Renováveis</b>	Integração de tecnologias renováveis, solar térmico para AQS, painéis fotovoltaicos e biomassa.

O presente manual indica que a prioridade máxima numa ação de reabilitação energética eficiente é o isolamento dos edifícios, nomeadamente as coberturas, as paredes exteriores, os pavimentos e as portas e janelas. Estes materiais formam uma barreira que impedem a passagem de calor para o exterior (situação de Inverno) e se introduza no interior (situação de Verão), porém é fundamental evitar que se produzam descontinuidades na instalação destes isolamentos térmicos, para não se formarem, as designadas pontes térmicas. Só desta forma, é que será possível manter a temperatura interior a níveis moderados em todas as estações do ano, reduzir de forma notável as necessidades de climatização e portanto a procura de energia.

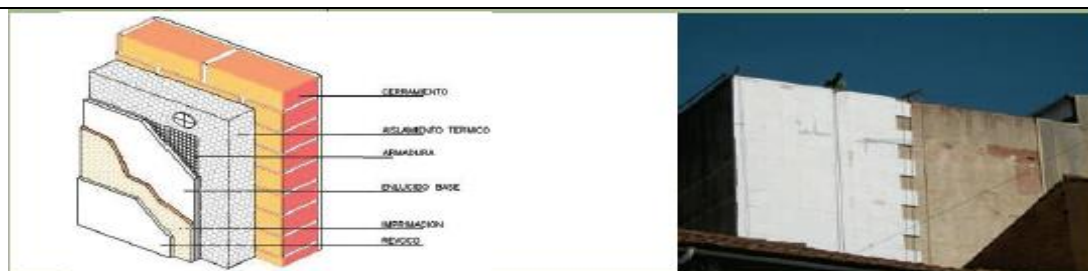
De seguida, apresentam-se as soluções construtivas mais usuais recomendadas pelo presente manual.

## ➤ Isolamento térmico da fachada pelo exterior

### 1. ETICS

Em geral, esta solução é a melhor opção porque reveste homogeneamente todo o paramento evitando eventuais descontinuidades, isto é, as pontes térmicas. Por outro lado, o isolamento exterior permite aumentar a inércia térmica do edifício, e deste modo estabilizar de forma mais eficaz as temperaturas no interior das habitações.

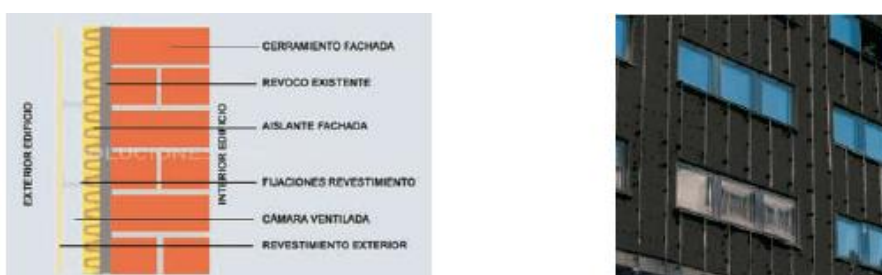
Quadro D. 4 - Solução de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema ETICS, adaptado por (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).



**Técnica:** As placas de isolamento térmico são fixadas contra a parede por colagem, por fixação ou por ambos os processos, depois protegidas por um revestimento de uma ou mais camadas e, por último, é aplicado um reboco de acabamento. Isolantes térmicos mais utilizados: em placas (EPS e MW).

### 2. Fachadas ventiladas

Quadro D. 5 - Solução de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema fachada ventilada. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).



**Técnica:** consiste na disposição de uma caixa-de-ar contínua entre o material isolante e o revestimento exterior, por onde circula o ar, permitindo a evacuação da água sem que afete o isolante. É um sistema desmontável e reutilizável. O revestimento exterior exige uma estrutura de suporte (que se situa na caixa de ar). Isolantes térmicos mais usados: em placas (EPS, XPS, PUR e MW).

### 3. Sistema isolamento projetado

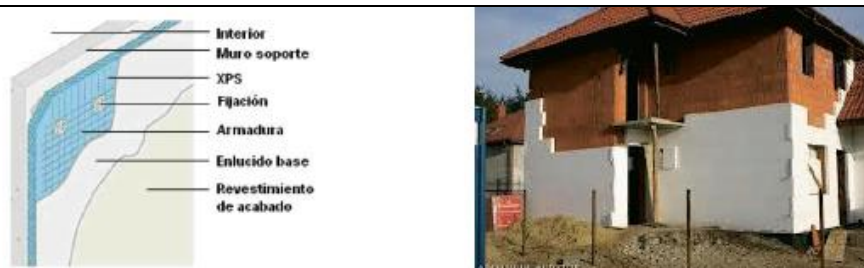
Quadro D. 6 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema isolamento projetado. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014)



**Técnica:** consiste na aplicação de uma camada de poliuretano projetado, no mínimo com 3 centímetros, protegida com pintura elastómero de poliuretano. Isolantes térmicos usados: em forma de espuma (PUR).

### 4. Revestimento direto sobre isolamento

Quadro D. 7 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema revestimento direto sobre isolamento. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).



**Técnica:** Consiste na aplicação de placas rígidas de material isolante, fixadas diretamente nas paredes, por colagem e revestido com uma argamassa para lhe dar um aspeto de acabamento final. Isolantes térmicos usados: em placas (XPS).

#### ➤ Isolamento térmico da fachada pelo interior

Normalmente é uma opção mais económica face ao isolamento pelo exterior, apesar do fácil acesso às superfícies a tratar e da sua aplicação ser independente das condições climáticas. Conquanto, esta solução apresenta descontinuidades de isolamento térmico nas zonas das pontes térmicas. O isolamento terá que ser interrompido nos tetos e encontros com as paredes. O presente manual recomenda esta solução para edifícios que se não se destinam a ocupação permanente e quando as paredes das fachadas não possuem problemas de humidades.

#### 1. Isolamento de poliestireno expandido com gesso cartonado

Quadro D. 8 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo interior, sistema isolamento de EPS com gesso cartonado. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).



**Técnica:** Consiste na aplicação de placas de isolamento fixados por colagem ou por fixação mecânica, no pano interior da fachada, posteriormente se coloca um revestimento de gesso. A espessura máxima de isolamento térmico é de cerca de 6 centímetros. Isolantes térmicos usados: em placas (EPS).

## 2. Sistemas de placas isolantes acabadas com reboco

Quadro D. 9 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo interior, sistemas de placas isolantes com acabamento em reboco. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).



**Técnica:** Consiste na aplicação de placas de isolamento térmico fixadas no pano interior da fachada e recobertas com gesso ou gesso laminado. Isolantes térmicos usados: em placas (XPS, EPS).

## 3. Espuma de poliuretano projetado pelo interior

Quadro D. 10 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo interior, sistema de espuma de poliuretano projetado. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).



**Técnica:** Consiste na aplicação de uma camada de poliuretano projetado e depois é fixado um sistema de suporte, no qual é instalado placas de gesso laminado. Isolante térmico usado: em forma de espuma (PUR).



### ➤ Isolamento térmico da fachada através do enchimento da caixa-de-ar

Por fim, o guia apresenta uma solução destinada aos edifícios que possuem caixa-de-ar no interior das fachadas. A forma mais económica é preencher essa mesma caixa-de-ar com materiais com características térmicas, tais como: granulares (poliestireno expandido, de argila ou perlite expandida), espumosos (poliuretano, ureia-formaldeído), com fibras ou flocos de lã mineral.

Todavia, esta solução apresenta algumas desvantagens: no caso dos poliuretanos, este material, liberta um odor desagradável no interior das habitações e não eliminam as pontes térmicas nem garantem a impermeabilização da fachada.

#### 1. Injeção de isolamento na caixa-de-ar

Quadro D. 11 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT na caixa-de-ar, sistema de injeção de isolamento. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014)



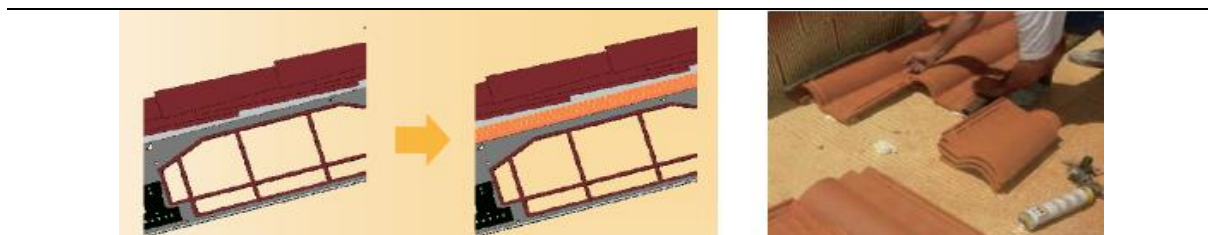
**Técnica:** Consiste na injeção de isolante em espuma ou sob a forma granular no interior da caixa-de-ar, através de pequenas aberturas no pano interior da fachada. Isolantes térmicos usados: material a granel (EPS, VA e MW) ou espuma (PUR e UF).

### ➤ Isolamento térmico em coberturas inclinadas

O manual menciona que a cobertura é o elemento construtivo mais sensível e exposto aos agentes climáticos, sendo esta sujeita a um elevado gradiente térmico. De seguida, o mesmo propõe diversas soluções construtivas para a reabilitação energética.

#### 1. Por baixo da telha, pelo lado exterior (sobre a estrutura resistente)

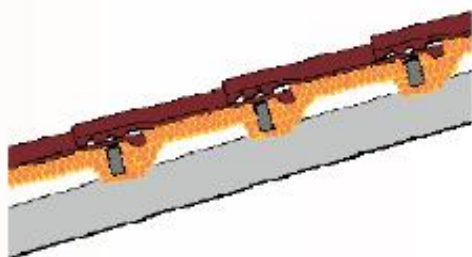
Quadro D. 12 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT na vertente, sobre a estrutura resistente. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014)



**Técnica:** Exige a construção de uma estrutura para fixar o isolamento térmico, antes de colocar o novo telhado. Isolantes térmicos usados: em placas (EPS, XPS, PUR).

## 2. Sob a telha, pelo lado interior

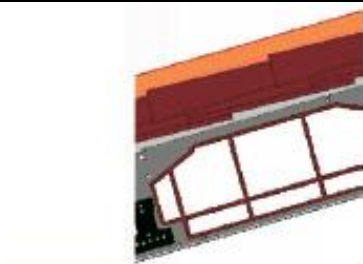
Quadro D. 13 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT na vertente, sob a telha. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014)



**Técnica:** Consiste na aplicação de isolamento térmico, por baixo da cobertura, diretamente sobre o suporte da telha, caso exista. Isolantes térmicos usados: em espuma (PW e UF), as mantas (MW) e os isolantes semirrígidos (poliuretano, lã mineral).

## 3. Sobre a telha com isolamento projetado

Quadro D. 14 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT na vertente, sobre a telha, sistema de isolamento projetado. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).

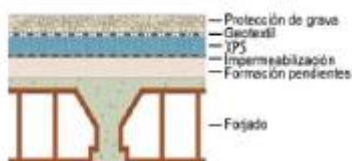


**Técnica:** Consiste na projeção de uma camada de isolante diretamente sobre a telha e, posteriormente, uma proteção da espuma com elastómero de poliuretano. Isolante térmico usado: em espuma (PUR).

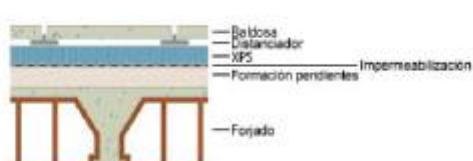
## ➤ Isolamento de coberturas planas

Quadro D. 15 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema de cobertura "invertida". (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).

Azotea invertida no transitable:



Azotea invertida transitable:



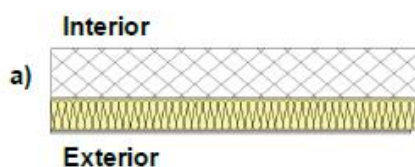
**Técnica:** Consiste na colocação direta do isolamento sobre a laje ou sobre a camada de impermeabilização, protegido por uma membrana e pelo pavimento (coberturas acessíveis) ou uma camada de areia e gravilha (coberturas não acessíveis). Isolantes térmicos usados: em placas (XPS).

## ➤ Isolamento térmico de pavimentos

Os solos são responsáveis em cerca de 10% das perdas de calor. Por isso, devem-se aplicar materiais isolantes nos pavimentos, sempre que estes elementos estejam em contato com o ambiente exterior ou em zonas não habitáveis (sótãos, garagens, escadas, etc...).

### 1. Isolamento de pavimentos de separação com zonas não habitáveis

Quadro D. 16 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema de projeção de poliuretano. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).



**Técnica:** Consiste na colocação de uma camada de isolante diretamente sobre o pavimento, fixado mecanicamente e colado com argamassa de colagem ou então projetado. Isolantes térmicos usados: em espuma (PUR)

### 2. Isolamento de solos em contato com o terreno

Quadro D. 17 - Solução construtiva de reabilitação energética, IT pelo exterior, sistema de isolamento de solo em contato com o terreno. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).



**Técnica:** Consiste na aplicação de uma camada de isolante sobre a laje ou pavimento antigo, colocada por baixo de uma camada impermeabilizante e recoberta por um novo pavimento. Isolantes térmicos usados: rígidos (XPS) ou painéis compostos, formados por um isolante rígido e recoberto de placas de acabamento.

## 2. Envolvente translúcida

Em geral, as janelas são os elementos com o pior desempenho térmico e, por isso, devem ser alvo de intervenção numa ação de reabilitação energética, sendo que a melhoria do isolamento térmico, destes elementos, é a forma mais económica para minimizar as perdas de calor (durante a estação de aquecimento) e os ganhos (durante a de arrefecimento). Consequentemente reduz a entrada de ar de forma involuntária e a ocorrência de condensações superficiais. O manual menciona ainda que o comportamento térmico das janelas depende essencialmente da sua caixilharia e do próprio vidro. Estes apresentam características essenciais que devem ser objeto de análise.

Caixilharia	Vidro																							
Tipo de Material	Valor do coeficiente transmissão térmica (U) Valor do fator solar (g)																							
<table> <tr> <th>MATERIAL DEL MARCO</th><th>VALOR U</th></tr> <tr> <td>Metálico</td><td>5,7</td></tr> <tr> <td>Metálico RPT (4 mm &lt; d &lt; 12 mm)</td><td>4</td></tr> <tr> <td>Metálico RPT &gt; 12 mm</td><td>3,2</td></tr> <tr> <td>Madera Dura (p=700 kg/m³ y 60 mm de espesor)</td><td>2,2</td></tr> <tr> <td>Madera Blanda (p=500 kg/m³ y 60 mm de espesor)</td><td>2</td></tr> <tr> <td>Perfiles huecos de PVC (2 cámaras)</td><td>2,2</td></tr> </table>	MATERIAL DEL MARCO	VALOR U	Metálico	5,7	Metálico RPT (4 mm < d < 12 mm)	4	Metálico RPT > 12 mm	3,2	Madera Dura (p=700 kg/m³ y 60 mm de espesor)	2,2	Madera Blanda (p=500 kg/m³ y 60 mm de espesor)	2	Perfiles huecos de PVC (2 cámaras)	2,2	<table> <tr> <th>Tipo</th><th>Valor de U</th><th>Valor de g</th></tr> <tr> <td>Vidrio sencillo</td><td>5,7</td><td>0,83</td></tr> <tr> <td>Vidrio aislante</td><td>2,9-3,3</td><td>0,75</td></tr> </table>	Tipo	Valor de U	Valor de g	Vidrio sencillo	5,7	0,83	Vidrio aislante	2,9-3,3	0,75
MATERIAL DEL MARCO	VALOR U																							
Metálico	5,7																							
Metálico RPT (4 mm < d < 12 mm)	4																							
Metálico RPT > 12 mm	3,2																							
Madera Dura (p=700 kg/m³ y 60 mm de espesor)	2,2																							
Madera Blanda (p=500 kg/m³ y 60 mm de espesor)	2																							
Perfiles huecos de PVC (2 cámaras)	2,2																							
Tipo	Valor de U	Valor de g																						
Vidrio sencillo	5,7	0,83																						
Vidrio aislante	2,9-3,3	0,75																						
Classe de permeabilidade do sistema de abertura e fecho																								
<table> <tr> <th>Clase</th><th>Permeabilidad (m³/h·m²)</th></tr> <tr> <td>0</td><td>Sin ensayar</td></tr> <tr> <td>1</td><td>≤ 50</td></tr> <tr> <td>2</td><td>≤ 27</td></tr> <tr> <td>3</td><td>≤ 9</td></tr> <tr> <td>4</td><td>≤ 3</td></tr> </table>	Clase	Permeabilidad (m³/h·m²)	0	Sin ensayar	1	≤ 50	2	≤ 27	3	≤ 9	4	≤ 3												
Clase	Permeabilidad (m³/h·m²)																							
0	Sin ensayar																							
1	≤ 50																							
2	≤ 27																							
3	≤ 9																							
4	≤ 3																							

Para as caixilharias, recomenda-se o valor de U mais baixo possível, como por exemplo, a madeira ou PVC, materiais termicamente mais isolantes. A classe de permeabilidade deve ser a classe 4, visto que são aquelas que menos deixam passar o ar. Em relação ao tipo de vidro, deve-se eleger o vidro com menor valor de U e g, pelos motivos já referidos.

A segunda prioridade é intervir ao nível das correntes de ar indesejadas, porque sem uma boa estanquidade, não existe isolamento eficaz. Revela-se necessário “tapar” a maior quantidade possível de buracos por onde passa o ar, de modo a reduzir essas perdas de calor. Recomenda-se, a colocação de barreiras de ar, em todas as zonas em que se verifique possíveis fugas de ar. Além desta barreira, recomenda-se a instalação de uma barreira ao vapor, para impedir a entrada de vapor de água e proteger o isolamento térmico da humidade. Contudo, estas barreiras ao vapor podem ser consideradas como placas de gesso cartonado, pedra, azulejos.

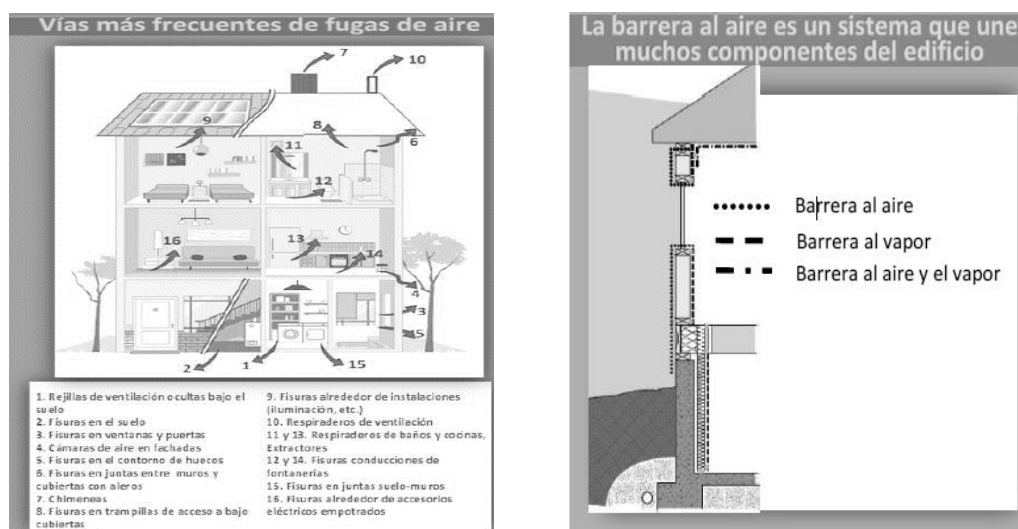


Figura D. 4 - Controlar as fugas de ar indesejadas. (ALBA INGENIEROS CONSULTORES SL, 2014)

#### 4. Ventilação

A terceira prioridade é a renovação de ar, de forma controlada (com baixo consumo energético), essencial para a salubridade do ar, permitindo eliminar os odores e os contaminantes, que se acumulam no interior do edifício e, ao mesmo tempo, evacuar o vapor de água e o calor gerado pela atividade das pessoas.

Para garantir uma boa qualidade do ar interior, apesar do reforço de estanquidade, é necessário um sistema de ventilação que permita manter o equilíbrio entre a eficiência energética e qualidade do ar, proporcionando caudais de ventilação contínuos e regulares, que reduzam as perdas de calor ao mínimo. O manual cita três formas de ventilação: a ventilação natural, a mecânica e a híbrida. No entanto, do ponto de vista de eficiência energética, a ventilação mecânica, com recuperador de calor, é a solução mais eficaz. Num edifício com um nível de estanquidade e ventilação controlada, as necessidades de calor podem ser reduzidas em cerca de 90%.

Quadro D. 19 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de ventilação. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014)

Vantagens e desventajas de diferentes tipos de ventilación	
Ventilação por janelas;	Não é satisfatória. Os odores entram no edifício;
Extração simples pelos compartimentos de serviço;	Não é satisfatório. O frio atravessa os compartimentos principais e a recuperação de calor é pouco eficiente;
Extratores individuais nas paredes exteriores;	Não é satisfatório. Baixa taxa de recuperação de calor e propagação de odores;
Ventilação mecânica com recuperador de calor;	Satisfatório. Com uma recuperação de calor na ordem dos 80%.

#### 5. Eficiência energética das instalações

O sétimo capítulo é dedicado à eficiência energética das instalações, designadamente os equipamentos destinados à climatização e ao aquecimento das AQS, bem como os eletrodomésticos e o sistema de iluminação.

Quadro D. 20 - Medidas de melhoria de eficiência energética dos sistemas de climatização e AQS. (Alba Ingenieros Consultores SL, 2014).

Produção de calor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caldeiras convencionais: limitam a temperatura da água a 80°C;</li> <li>• Caldeiras de baixa temperatura: limitam a temperatura da água 35-40°C;</li> <li>• <b>Caldeiras de condensação: permitem aproveitar a energia que, normalmente, se perde através da chaminé, reutilizando uma parte do calor de condensação, ou seja, calor proveniente dos fumos de combustão. Com este tipo de caldeira, com uma potência ajustada as dimensões do espaço a aquecer, pode poupar-se cerca 30%, relativamente ao consumo de uma caldeira de tamanho excessivamente grande;</b></li> <li>• Bombas de calor: transformam a energia de uma fonte exterior (ar, terreno ou água) em frio, calor e água quente sanitária, com um consumo 4 vezes inferior a uma caldeira a gás. Contudo, a sua aplicação em edifícios pequenos não se tem generalizado devido ao seu elevado custo em equipamentos e respetiva implementação;</li> </ul>
Sistema de distribuição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolar todas as tubagens principais com materiais termicamente isolantes (poliuretano, poliestireno);</li> </ul>
Radiadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Radiadores de baixa inércia;</b></li> <li>• Radiadores de baixo consumo: trabalham com água a 45°C, em vez dos radiadores convencionais, cuja temperatura é de 70°C;</li> <li>• <b>Piso radiante de baixa temperatura: a condução da água é integrada no solo, normalmente com temperaturas de funcionamento entre os 30-35°C, servindo para aquecimento e arrefecimento do ambiente interior;</b></li> </ul>
Regulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvulas termostáticas: instalam-se nos radiadores e permitem diversos níveis de ajuste abrindo e fechando a passagem de água quente, de acordo com a temperatura desejada. Permite poupanças de 8% a 13%;</li> <li>• Termostatos com enxofre: especificamente desenhado para equipamentos de ar condicionado de janelas e aquecedores portáteis;</li> <li>• Termóstato programável: permite fixar a temperatura interior em diferentes horários e em função do dia;</li> <li>• Sistemas domóticos: ajustam sistematicamente o consumo às necessidades, poupando mediante a regulação da temperatura por zonas, o encerramento e abertura de cortinas, toldos e persianas e a deteção de presença de pessoas; Estes sistemas podem proporcionar uma poupança de energia em cerca de 20 a 30%.</li> </ul>

Relativamente à iluminação, o manual propõe, primeiramente, o aproveitamento da luz solar, através da aplicação de envidraçados com maior transparência e adoção de cores claras no interior das habitações para aumentar a reflexão da luz. Em segundo lugar, propõe a substituição da antiga iluminação artificial, por lâmpadas fluorescentes compactas ou por LED. O terceiro passo, consiste em implementar mecanismos de controlo como, por exemplo, detetores de presença, os reguladores de sistemas e os sistemas domóticos, que integram, a programação e a administração de forma remota.

Face aos eletrodomésticos, recomenda-se a preferência por eletrodomésticos mais eficientes, isto é, pertencentes à classe energética mais elevada.

Por fim, a integração das energias renováveis é cada vez mais realçada, porque na maioria dos projetos de reabilitação energética, as energias renováveis são só um complemento às medidas de

melhoramento (isolamento térmico, estanquidade, etc). Porém, aqui realça-se a necessidade de integrar as energias renováveis como uma forma de atingir uma maior qualificação na certificação energética dos edifícios existentes e, por outro lado, a redução das emissões de CO<sub>2</sub> e consumo de energias não renováveis.

Das muitas tecnologias disponíveis no manual, evidenciam-se as seguintes:

- A energia solar térmica: consiste no aproveitamento do calor do sol para o aquecimento de águas quentes sanitárias, através de painéis solares térmicos, situados na cobertura do edifício;
- A energia solar fotovoltaica: consiste em produzir eletricidade a partir da luz solar mediante painéis fotovoltaicos, que se podem instalar em telhados e paredes verticais. Podem satisfazer toda a procura de eletricidade que o edifício necessita e contribui eficazmente para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>;
- Biomassa: combustível renovável obtido de resíduos florestais, agrícolas e industriais, utilizado em caldeiras especiais de aquecimento e para gerar água quente. Bastante económico e com bons resultados ambientais.

O último capítulo é dedicado a perguntas e respostas sobre a reabilitação e a certificação energética de edifícios. Porém, realçam-se apenas duas questões pertinentes: a primeira questiona se é possível realizar medidas de melhoria de eficiência energética, aquando uma obra comum de reparação ou manutenção; e a segunda questiona quanta energia é possível poupar, quando o edifício é (ou foi) objeto de uma ação de reabilitação energética.

Neste sentido, o manual refere que a implementação das melhorias de eficiência energética podem ser combinadas com praticamente qualquer obra comum de reparação ou manutenção. Relativamente à segunda questão, a aplicação de medidas de reabilitação energética (isolamento das fachadas, substituição de janelas, etc...) estimam poupanças na ordem dos 5% a 20% do consumo de energia, a diminuição entre os 10% a 30% das emissões de CO<sub>2</sub> por edifício e poupanças anuais na fatura de energia entre os 500€ e 2.000€ por edifício.

#### ➤ **Considerações finais**

O manual em causa foi elaborado por uma empresa especializada em consultoria e engenharia civil, a qual tem como principal mercado, o segmento da reabilitação de edifícios, além de outros serviços. Com isto, importa referir que, de todos os manuais analisados até ao momento, este é o único documento que apresenta claramente uma metodologia ou estrutura que tende a orientar os profissionais da área em ações de reabilitação energética. Talvez se possa afirmar que o presente documento é o reflexo prático dos autores do mesmo, sendo assim um manual mais orientado e prático, eliminando *a priori* questões ou conceitos mais teóricos.

A estrutura estabelecida indica diferentes níveis de prioridades, realçando, como prioridade máxima, a importância da aplicação do isolamento térmico na envolvente exterior, em deterioramento, por exemplo da eficiência energética das instalações.



## **E. Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios. “El aislamiento, la mejor solución” – Instituto para la diversificación y ahorro de la energía - IDAE**

O presente guia foi publicado pela IDAE e pretende compilar todas as possibilidades de reabilitação térmica de um edifício, aconselhando os técnicos ou projetistas e pondo ao seu alcance possíveis soluções de isolamento térmico para isolar a envolvente exterior.

A informação deste guia prático está estruturada em seis capítulos. Salienta-se que não se realizou um diagrama de abordagem, dada a dimensão e conteúdo do guia em análise.

1. Quando é que se deve reabilitar termicamente um edifício;
2. Porquê reabilitar, melhorando o isolamento térmico;
3. Quais os edifícios a reabilitar com aplicação de isolamento térmico;
4. Como reabilitar com isolamento térmico;
5. Passos a seguir: processo técnico-administrativo;
6. Caso prático.

Os dois primeiros capítulos estabelecem os motivos pelos quais se deve iniciar uma ação de reabilitação energética, bem como os benefícios da mesma. Na prática, sempre que seja necessário proceder a uma obra de reparação ou manutenção, deve-se procurar fazer um esforço adicional, tendo em conta que a maior parte dos custos se prendem essencialmente à mão-de-obra, à montagem de andaimes, entre outros fatores.

Quadro E. 1 - Razões e benefícios para efetuar uma obra de reabilitação energética num edifício de habitação. (Asociación Nacional de Industriales (ANDIMA); Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2008)

<b>Razões</b>	Ao substituir o pavimento deve-se considerar em isolar este elemento, isto é, ir além de uma abordagem meramente decorativa;
	Aproveitar qualquer obra de modificação dos revestimentos interiores (tetos, paredes, solos) para incluir isolamento térmico;
	O isolamento térmico é o único material da obra que amortiza o custo da obra de reabilitação;
	Aquando da necessidade de substituição de janelas, por exemplo, um vidro partido, deve-se eleger um vidro com qualidade térmica;
<b>Benefícios</b>	Reparação de eventuais anomalias;
	Aumento do conforto térmico e bem-estar dos ocupantes;
	Diminuição do valor da fatura energética;
	Redução da dependência energética do país;
	Redução da emissão de GEE local e globalmente.

O terceiro capítulo menciona quais os edifícios que podem ser alvo de sofrer uma ação de reabilitação. O guia refere que qualquer edifício pode ser alvo de uma reabilitação, desde uma simples moradia isolada até centros comerciais e hospitais. Contudo, realça a importância de reabilitar termicamente os edifícios que foram construídos antes da publicação da regulamentação térmica.

O quarto capítulo apresenta algumas soluções de como reabilitar com isolamento térmico, atuando em distintas partes do edifício, destacando-se as seguintes:

1. Colocação de isolamento de fachadas (paredes e janelas);
2. Colocação de isolamento de coberturas;
3. Colocação de isolamento de pavimentos e tetos;
4. Colocação de isolamento em tubagens de condução de água quente ou fria, caldeiras e acumuladores de calor.

No quinto capítulo é divulgada a informação sobre o processo técnico e administrativo que o utilizador/ proprietário deve proceder, quando decide iniciar uma ação de reabilitação térmica. Desde o contato com o especialista da área, para que este lhe proponha a solução mais viável, técnica e economicamente, até ao conhecimento de programas de ajuda financeira.

Por fim, o sexto capítulo apresenta um caso de estudo para comprovar os resultados que se obtêm, mediante uma ação de reabilitação térmica. O objeto de estudo é um edifício em bloco, construído no ano de 1975, integrando seis fogos, cuja construção não tem em conta o isolamento térmico. O presente guia estima que, após a ação de reabilitação térmica através de aplicação de isolamento térmico pelo exterior, é possível uma poupança em cerca de 50% da energia consumida no aquecimento e arrefecimento da habitação.

#### ➤ **Considerações finais**

Este guia é uma publicação muito simples, ausente de informação do ponto de vista técnico e, portanto, mais vocacionado para o utilizador comum. Não obstante, é um manual exclusivamente dedicado ao isolamento térmico da envolvente opaca e envidraçada, por isso não apresenta outras medidas de melhoria de reabilitação energética.

## **F. Risparmio energetico nella casa – ENEA**

O manual analisado “Risparmio energetico nella casa”, da autoria da agência de energia italiana (ENEA), pretende divulgar informações básicas sobre poupança de energia para obter uma redução no consumo de energia das habitações. Esta informação proporcionará uma diminuição do consumo de energia e a redução dos custos de aquecimento e arrefecimentos das habitações, a melhoria das condições de conforto higrotérmico e também na redução da poluição do país e consequentemente no mundo.

Este manual não apresenta capítulos definidos, porém considerou-se conveniente dividir o presente manual nos seguintes capítulos:

1. Introdução;
2. Causas mais comuns do elevado consumo de energia
3. Reforço térmico da envolvente térmica;
4. Reforço térmico da envolvente envidraçada;
5. Sistemas de AQS e Aquecimento;
6. Sistemas solares térmicos.

De seguida, ilustra-se o esquema de abordagem do presente manual.

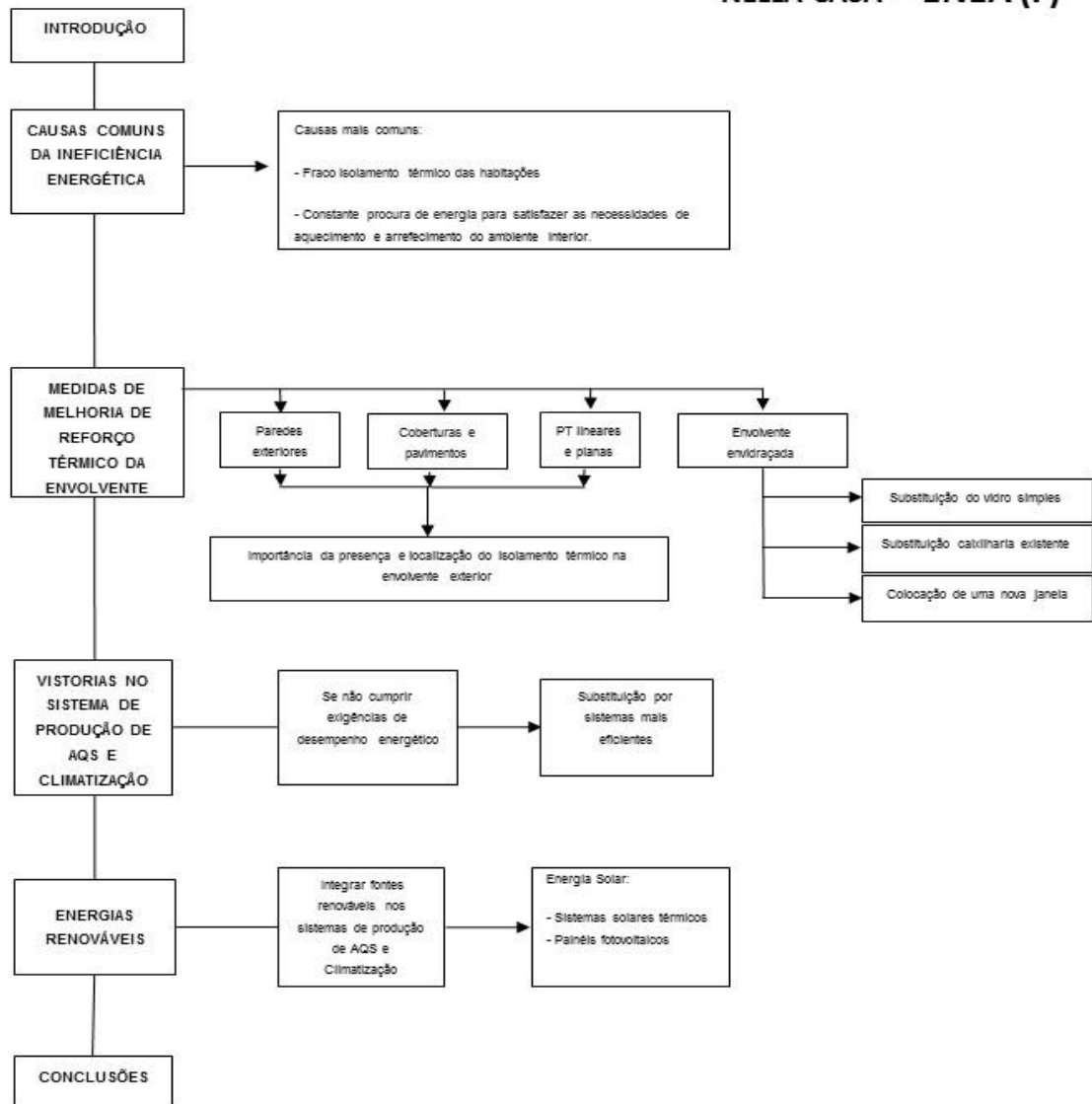


Figura F. 1 - Diagrama da estrutura do manual (F), adaptado (ENEA, 2003).

No primeiro capítulo, menciona que o setor residencial é o principal responsável pelas emissões de GEE e pelo elevado consumo energético em Itália. No segundo capítulo, indicam-se as principais causas que levam ao fraco desempenho energético dos edifícios italianos, apontando, o fraco isolamento térmico da envolvente exterior, daí as elevadas perdas de calor pela estrutura, essencialmente através das paredes exteriores, da cobertura, dos pavimentos. Consequentemente, verifica-se uma procura constante de energia para satisfazer as necessidades de aquecimento e arrefecimento do ambiente interior.

O terceiro capítulo diz respeito às possíveis medidas de intervenção numa ação de reabilitação energética. Em primeiro lugar, o manual sugere o reforço térmico das paredes exteriores, salientando a importância de eliminar, por completo, as perdas de calor no Inverno e evitar o sobreaquecimento no Verão.

O isolamento das paredes exteriores pode ser realizado de três formas distintas, em função do posicionamento do isolamento térmico, podendo ser colocado a partir do paramento interior, pelo exterior ou no interior da caixa-de-ar, cada uma destas intervenções apresentam as suas vantagens e desvantagens.

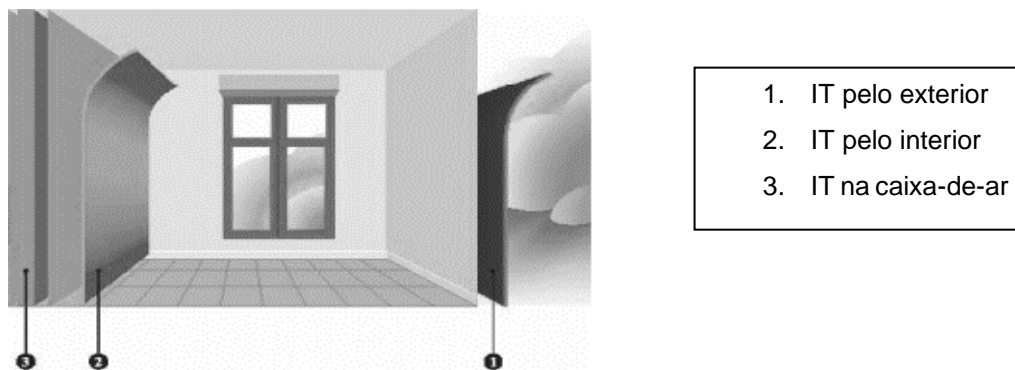


Figura F. 2 - Posicionamento possível de sistemas de isolamento térmico em paredes exteriores. (ENEA, 2003)

Em seguida, o presente manual apresenta as possíveis intervenções ao nível da cobertura, referindo que a mesma, é o elemento construtivo que perde mais calor durante a estação do Inverno e a causa de sobreaquecimento durante a estação de Verão.

Relativamente ao isolamento de coberturas, a Figura F.3, ilustra três possibilidades de intervenção. A cor azul traduz a aplicação de isolamento numa cobertura plana, a qual pode ser efetuada pela face superior ou inferior da laje. A cor verde apresenta a aplicação de isolamento na laje de esteira e por fim, a amarelo a aplicação na vertente inclinada, quando o desvão é habitável. Também refere a necessidade de isolar os pavimentos em locais que não sejam aquecidos ou não habitáveis, tais como garagens e caves.

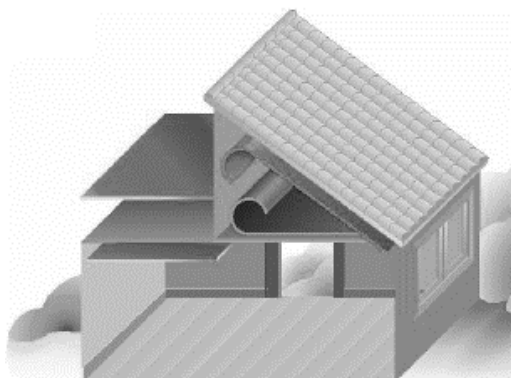


Figura F. 3 - Posicionamento possível de sistemas de isolamento térmico em coberturas. (ENEA, 2003)

Neste mesmo capítulo, sugerem-se alguns exemplos de intervenção, através da divulgação de tabelas onde é possível constatar o valor médio das espessuras de isolamento térmico a aplicar, do custo médio do material isolante (em euros) e a respetiva percentagem de poupança energética, em função da zona climática, do elemento construtivo em causa e do tipo de intervenção escolhida.

Quanto mais “zeros” tem uma determinada proposta, mais aconselhável é a oportunidade de intervenção (ver Figura F.4).

**EDIFICIO: Abitazione Unifamiliare**

Tipi di intervento per il risparmio energetico  
**ZONA CLIMATICA A,B, C (SUD ITALIA, ISOLE)**

	Isolamento a cappotto delle pareti perimetrali	Isolamento dall'interno delle pareti perimetrali	Isolamento della copertura	Installazione di serramenti con maggiori proprietà isolanti	Isolamento primo solaio (su ambiente non riscaldato o su piloty)
Spessore medio da isolante impiegare (cm)	6	6+1	8	/	8
COSTO Medio Materiale (euro/mq)	15-25	11-15	18- 40	300	24
Costo medio manodopera (euro/mq)	25	15-25	5-20	20-30	25
Risparmio energetico ottenibile (% rispetto a prima dell'intervento)	20- 25	15-20	35-40	5-10	10-15
Convenienza	000	00	0000	0	00

Figura F. 4 - Exemplo de intervenção, em função do elemento construtivo e do tipo de intervenção. (ENEA, 2003)

A Figura F.5 ilustra os tipos de materiais isolantes mais utilizados e comercializados, em função do tipo de elemento construtivo a isolar e do tipo de intervenção a executar.

Materiali isolanti	PARETI ESTERNE			SOLAI INFERIORI		COPERTURE PIANE		A FALDA			
	Isolamento esterno	Isolamento interno	Isolamento interno	Controcara	Su ambienti non riscaldati o piloty	Non pannelli	Pannello	Sottosolaio pannello	Sottosolaio pannello non isolante	Sottosolaio isolante	Sottosolaio ultimo piano
FELTRI											
Lana di vetro											
Lana di roccia											
PANNELLI											
Lana di vetro											
Lana di roccia											
Polistirene espanso											
Polistirene estruso							TR				
Sughero											
poliuretano							TR				
Lana di legno											
Vetro cellulare							TR				
Calcio sfilato											
Fibra di legno											
Isolanti riflettenti											
Fibra di poliestere											
Polistirene espanso											
SFUSI											
Argilla espansa	I	S					B	S	B		
Vermiculite	I	S					B	S	B		
Perlite	S						B	S	B		
Perle di polistirene	I	S					B	S	B		
Pomice							B	S	B		
Sughero		S									
Fibra di cellulosa		S									
SCHIUMATI											
Poliuretano espanso											

I = intonaco S = materiale sfuso B = betoncino TR = tetto rovescio

Figura F. 5 - Tipos de materiais isolantes mais utilizados e comercializados em ações de reforço térmico. (ENEA, 2003)

O quarto capítulo é dedicado aos vãos envidraçados, sendo fundamental verificar o estado das janelas e dos isolamentos dos vidros. Estes fatores podem provocar correntes de ar e renovações de ar, por vezes excessivos. Para colmatar estas perdas, o manual refere as seguintes soluções:

- Substituição do vidro simples;
- Acrescentar uma nova janela à frente ou atrás da existente;
- Substituição da caixilharia por uma nova. (ENEA, 2003)

Realça-se que os sistemas de oclusão devem estar posicionados pelo exterior das janelas, porém sem ocultar as grelhas de ventilação, quando existentes.

No quinto capítulo, aconselha-se a realização de vistorias aos sistemas de produção de AQS e aquecimento, de pelo menos uma vez por ano, por um técnico especializado. Os sistemas, cuja idade seja superior a 15 anos, são submetidos a uma análise de desempenho energético e caso não cumpram as exigências pretendidas, terão necessariamente de ser substituídos. No que refere ao aquecimento, sugere-se a colocação de válvulas termostáticas nos radiadores, conforme ilustrado na Figura F.6, de maneira a ajustar automaticamente a temperatura, evitando desperdícios de energia.



Figura F. 6 - Válvula termostáticas em radiadores. (ENEA, 2003)

O sexto capítulo sugere a introdução de fontes de energia renováveis, através dos sistemas de solares térmicos que permitem produzir água quente da transformação da radiação solar em calor. A publicação menciona que estes sistemas podem substituir, total ou parcialmente, os sistemas de produção de AQ elétricos ou a gás. Nestes sistemas deve-se ter particular atenção de não sobre dimensionar os mesmos, uma vez que o custo aumenta significativamente, sem que depois haja um período de retorno suficientemente razoável ou uma compensação direta na poupança de energia.

#### ➤ **Considerações finais**

O manual analisado abordar os diversos aspetos relacionados com a eficiência energética, à semelhança do que se tem estado analisar até ao momento, designadamente: as questões relacionadas com a envolvente opaca e translúcida (e os respetivos dispositivos de sombreamento), os sistemas de climatização e AQS e por fim as fontes renováveis. Tendo em conta que o manual é da auditoria da agência de energia italiana, a informação que transmite acerca dos diversos elementos abordados é muito escassa do ponto de vista técnico para o projetista e por vezes até mesmo confusa.

De uma forma sucinta apresentam-se as seguintes lacunas:

- Não apresenta uma metodologia de abordagem, ausência de numeração dos capítulos e subcapítulos, sendo difícil quantificar o grau de importância das medidas de melhoria numa ação de reabilitação energética;
- Não apresenta soluções concretas de reabilitação energética;
- As medidas de melhoria da eficiência energética dos sistemas de climatização e AQS não são inovadoras;
- O processo de ventilação, bem como a estanquidade da envolvente não são abordados;





## **G. Guida pratica per i consumatori per il risparmio ed efficienza energetica negli edifici – ENFORCE**

O presente guia prático é realizado no âmbito do projeto ENFORCE, aprovado pela Comissão Europeia, cofinanciado pelo Programa Energia Inteligente, cujo arranque aconteceu no final do ano de 2009, desenvolvendo atividades na região mediterrânica, englobando sete entidades, de cinco Estados-Membros desta região (Portugal, Itália, Espanha, Grécia e Eslovénia).

O guia prático é composto pelos seguintes capítulos:

1. O consumo de energia dos edifícios;
2. Isolamento térmico nos edifícios;
3. Vãos envidraçados;
4. Sistema de produção de calor e o seu armazenamento;
5. Fontes renováveis;
6. Iluminação.

De seguida, ilustra-se o esquema de abordagem do presente manual.

## GUIDA PRATICA PER I CONSUMATORI PER IL RISPARMIO ED EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI – ENFORCE (G)

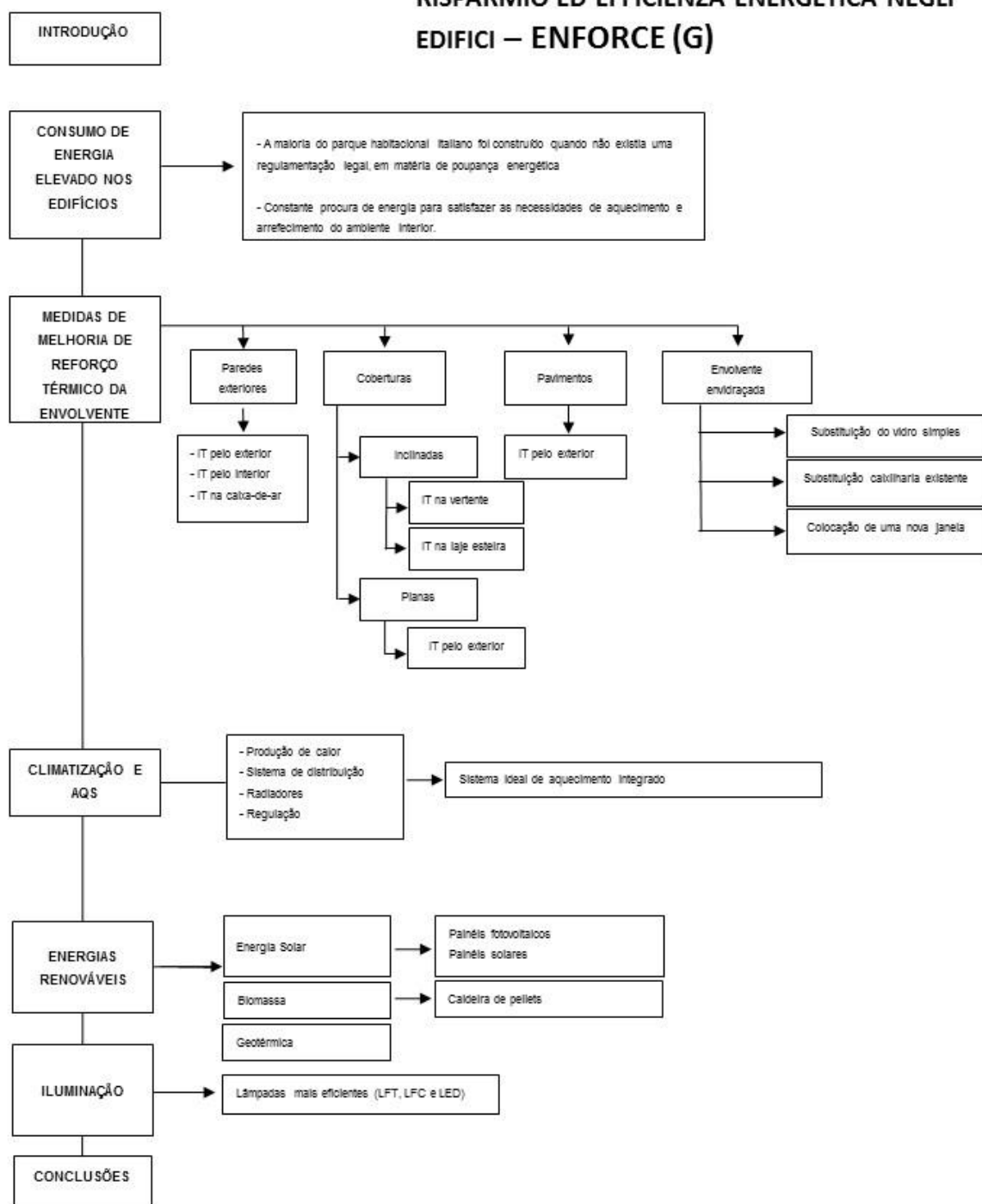


Figura G. 1 - Diagrama da estrutura do manual (G), adaptado (Energy Auditor Network (ENFORCE), 2011)

O primeiro capítulo apresenta uma breve introdução sobre a ineficiência energética do parque habitacional italiano, estimando o consumo médio de uma habitação italiana, cerca de 170 a 230 kWh/m<sup>2</sup>.ano. (Energy Auditor Network (ENFORCE), 2011)

O segundo capítulo reforça a importância do isolamento térmico da envolvente exterior, através de materiais com propriedades específicas e elevada resistência térmica, sendo que estes podem ser orgânicos ou minerais: fibra de vidro, cortiça, poliestireno, poliuretano, entre outros.

Quadro G. 1 - Soluções construtivas propostas para intervenção na envolvente opaca. (Energy Auditor Network (ENFORCE), 2011)

	Localização do IT		Solução construtiva proposta
<b>Paredes exteriores</b>	<b>Exterior</b>	-	Sistema de isolamento térmico compósito exterior com revestimento delgado;
	<b>Interior</b>	-	Painéis isolantes fixados contra a fachada, composto por um material isolante, gesso cartonado e barreira para vapor;
	<b>Caixa-de-ar</b>	-	Sistema de isolamento térmico em caixa-de-ar com injeção de poliuretano ou fibras ou grânulos de material isolante;
<b>Coberturas inclinadas</b>	<b>IT na vertente - Desvão habitável</b>	<b>IT Superior</b>	Placas de isolante sobre laje inclinada;
		<b>IT Inferior</b>	Painéis isolantes (integrando varas, forro inferior e isolante térmico);
	<b>IT na laje esteira - Desvão não habitável</b>	<b>IT Superior</b>	Mantas de material isolante (recobertas com forro inferior);
		<b>IT Inferior</b>	Placas ou mantas de isolante térmico;
<b>Cobertura plana</b>	<b>Exterior</b>	-	Tetos falsos isolantes ou suportando uma camada de isolante térmico;
<b>Pavimentos</b>	<b>Exterior</b>	-	Não menciona exemplos;
			Não menciona exemplos.

O terceiro capítulo é dedicado aos vãos envidraçados. Em geral, sugere-se a substituição das janelas por janelas de vidro duplo com a camada de ar preenchida preferencialmente por um gás, para tornar o isolamento mais eficaz. Por outro lado, a escolha da caixilharia deve ter em conta o valor de U, dando prioridade a materiais como o PVC, madeira ou alumínio com corte térmico. Outra solução proposta é a criação de uma nova janela, do lado exterior ou interior.

O quarto capítulo aborda a questão dos sistemas de aquecimento responsáveis pelo excessivo consumo de energia do parque edificado italiano, aliado ao fato dos edifícios serem mal isolados. Além da aplicação do isolamento térmico, a publicação recomenda a utilização dos seguintes sistemas de aquecimento com melhores desempenhos energéticos.

Quadro G. 2 - Sistemas de aquecimento recomendados. (Energy Auditor Network (ENFORCE), 2011)

<b>Produção de calor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Caldeiras de condensação:</b> permitem aproveitar a energia que normalmente se perde através da chaminé, reutilizando uma parte do calor de condensação, ou seja, calor proveniente dos fumos de combustão. Com este tipo de caldeira, com uma potência ajustada às dimensões do espaço a aquecer, pode poupar-se cerca 30%;</li> <li>• <b>Caldeira de pellets:</b> é utilizada na produção de energia a partir de processos como a combustão de material orgânico que se encontra presente num ecossistema, mas não contribuem para o efeito estufa por haver equilíbrio neutro de CO<sub>2</sub>;</li> </ul>
<b>Sistema de distribuição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolar todas as tubagens principais com materiais isolantes termicamente (poliuretano, poliestireno);</li> </ul>
<b>Radiadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Piso radiante de baixa temperatura:</b> a condução da água é integrada no solo, normalmente com temperaturas de funcionamento entre os 30-35°C, servindo para aquecimento e arrefecimento do ambiente interior;</li> </ul>
<b>Regulação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Válvulas termostáticas:</b> instalam-se nos radiadores e permitem diversos níveis de ajuste, abrindo e fechando a passagem de água quente. Permite poupanças de 8% a 13%;</li> <li>• Sistemas de controlo de aquecimento.</li> </ul>

A solução ideal para a produção de AQS numa habitação, resume-se fundamentalmente à integração e combinação de ambas as tecnologias disponíveis no mercado, quer para os recursos energéticos tradicionais (gás, petróleo, etc.), quer para os recursos provenientes de fontes renováveis (biomassa, energia solar, geotérmica), conduzindo posteriormente para um sistema comum de armazenamento de água quente.

Um sistema ideal de aquecimento integrado deve ser composto por:

- Painéis solares;
- Lareira ou caldeira a lenha ou pelota;
- Caldeira de condensação;
- Acumulador de água quente (célula térmica);
- Sistemas de baixa temperatura do piso radiante;
- Controladores de temperatura que controlem o calor, segundo as necessidades dos ocupantes e as variações climáticas externas.

O quinto capítulo é dedicado às fontes renováveis, nomeadamente aos painéis solares térmicos e aos painéis fotovoltaicos. Para além da descrição do processo de funcionamento dos sistemas em causa, o guia não acrescenta mais nenhuma informação útil, como por exemplo, quais são as vantagens e desvantagens de cada sistema, o seu campo de aplicação ou possíveis casos de estudo, porém menciona que um sistema solar instalado de forma profissional e dimensionado de forma otimizada, pode economizar até 70% do custo da energia necessária para produzir água quente.

O guia também indica a energia geotérmica como uma forma de aquecimento das habitações, no entanto, apesar de todas as vantagens do ponto de vista ambiental, do ponto de vista técnico-económico, não é compensatório devido aos custos inerentes à perfuração, em casas residenciais.

Por fim, no último capítulo, o guia propõe medidas de melhoria da eficiência energética na iluminação. Em geral, os consumidores devem optar por lâmpadas com maior eficiência energética, através da observação dos rótulos das lâmpadas, onde está inserida a classe energética da mesma. Em segundo, a localização da fonte luminosa deve ser tal, de modo a poder refletir a luz em locais onde é realmente necessária e em locais cuja presença dos ocupantes não seja permanente deve-se instalar dispositivos com sensores automáticos.

### ➤ **Considerações finais**

Esta publicação tem por objetivo disponibilizar aos consumidores finais (cidadãos, proprietários e gestores de edifícios) um instrumento para a obtenção de informação acerca da performance energética de edifícios. No entanto, após a análise do guia, constatou-se que a informação transmitida não é clarificadora nem objetiva. Por vezes, a própria informação torna-se dispersa, desnecessária e teórica, contrariando à partida o fato de esta publicação ser um guia prático.

Da análise podem ser retiradas algumas observações, das quais se destacam as seguintes:

- Ausência de numeração dos capítulos e subcapítulos, pouco detalhado e apresentação das medidas de eficiência energética de uma forma confusa;
- Guia teórico, em vez de prático, como se deveria pretender;
- Reforço térmico da envolvente exterior incompleto tendo em conta o objetivo do presente guia;
- Sublinha maioritariamente a importância da tomada de medidas de eficiência energética relativamente aos sistemas de climatização e produção de AQS;